

Mestrado em Economia e Gestão da Inovação

Difusão de eco-inovações no contexto europeu

Miguel José Santos Vaz

Orientadores:

José Pedro Coelho Rodrigues

Abílio Pereira Pacheco

Setembro, 2017

Breve nota biográfica sobre o autor

Miguel José Santos Vaz nasceu a 1 de fevereiro de 1986, na cidade de Chaves.

É detentor de uma formação académica multidisciplinar - Mestre em Microbiologia Aplicada pela Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Portuguesa, e encontra-se recentemente a concluir o Mestrado em Economia e Gestão da Inovação, na Faculdade de Economia da Universidade do Porto.

No que diz respeito à experiência profissional, foi investigador durante aproximadamente três anos, na área da Biotecnologia Ambiental, desenvolvendo as suas atividades de investigação científica na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e no Biocant – Centro de Inovação em Biotecnologia, em Cantanhede.

Mais recentemente, é consultor na empresa SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação, onde desenvolve o seu trabalho essencialmente na área de Território, Planeamento Urbano e Sustentabilidade, e também na área Internacional (projetos no âmbito do Horizonte 2020, etc). Anteriormente participou na elaboração de candidaturas SIFIDE – Sistema de Incentivos Fiscais à I&D Empresarial.

Agradecimentos

Ao longo deste desafio, que agora culmina na realização da presente dissertação de mestrado, contei com importantes apoios e contributos de diferentes pessoas, às quais manifestarei eterna gratidão.

Primeiramente, o meu sincero agradecimento aos meus orientadores da dissertação, Professor José Coelho Rodrigues e Professor Abílio Pereira Pacheco, pela disponibilidade, pela transmissão de novos conhecimentos, pela motivação incutida, e pelo profissionalismo e sentido de compromisso sempre presentes.

A todos os docentes do Mestrado em Economia e Gestão da Inovação pela partilha de conhecimento e conselhos que em algum momento se revestiram de extrema utilidade para a elaboração deste estudo.

Deixo também o meu voto de agradecimento a todos os meus amigos e colegas que sempre me acompanharam e apoiaram das mais variadas formas.

Por fim, o meu profundo agradecimento à minha família, pelo apoio incondicional e motivação, e pela sua omnipresença em todos os momentos importantes desta fase.

Resumo

A União Europeia (EU) está ciente da crescente importância da eco-inovação como elemento preponderante na transição para um desenvolvimento sustentável. Este é também um conceito nuclear da Estratégia Europa 2020 e encontra-se alinhado com a Estratégia de Lisboa para o crescimento económico e competitividade. Na transição para um desenvolvimento sustentável, o *Eco-innovation Action Plan* – EcoAP, constitui um programa relevante para se atingirem os objetivos ambientais propostos através da adoção e difusão de inovações.

O presente trabalho visa investigar o impacto de um conjunto de determinantes (*supply-side*, *demand-side* e *regulatory-side*) na decisão das empresas investirem ou adotarem eco-inovações, sendo também considerado o efeito de implementações passadas em adoções de inovações mais recentes. Para este propósito, o nosso estudo baseia-se em dados do Eurobarómetro nº 315 (*Attitudes of European Entrepreneurs towards Eco-Innovation*), utilizando-se uma metodologia combinada (regressões logísticas e árvores de decisão).

Os resultados empíricos revelam que a crescente procura de produtos ecológicos (*demand-side driver*) está positivamente correlacionada com a intenção de as empresas investirem em eco-inovação e adotarem eco-inovações de produto e organizacionais. Os resultados elencam também potenciais implicações a considerar pelos gestores e agentes políticos: a colaboração com institutos de investigação e universidades (*supply-side driver*) influencia positivamente o investimento em eco-inovação, ao passo que fatores associados à política ambiental (acesso a subsídios e incentivos fiscais, regulamentação atual e futura) revelam-se ineficientes no estímulo ao investimento e adoção de eco-inovações (regulamentação atual apenas estimula a adoção de eco-produtos). O presente estudo considera também o efeito de implementações passadas em adoções mais recentes, evidenciando que a perceção de baixa complexidade e elevada compatibilidade das eco-inovações com os modelos de negócio/tecnologias mais eficientes implementadas são efetivas no estímulo à adoção dos três tipos de eco-inovação.

Palavras-chave: Eco-inovação, Difusão da eco-inovação, Eurobarómetro nº 315.

Códigos-JEL: Q55, O33.

Abstract

European Union (EU) is clearly aware of the increasing importance of Eco-innovation as a key factor to enabling a sustainable transition, also being a core element of the Europe 2020 strategy, and aligned with the Lisbon Strategy for competitiveness and economic growth. As a step in the direction to a green transition, the Eco-innovation Action Plan (EcoAP) relies on the specific challenges and opportunities for achieving the environmental goals through the adoption and diffusion of innovations.

Therefore, the present study aims to study the impact of a set of selected supply-side, demand-side, and regulatory-side factors on eco-innovation investments and adoption of product, process and organizational eco-innovations. This work also aims to analyse the effect of previous implementations on latter innovation adoptions. For that purpose we based on evidence from a survey on eco-innovation activities in European SMEs (Eurobarometer 315 Survey – “Attitudes of European Entrepreneurs towards Eco-Innovation”), and used a combined methodology (logistic regression and decision tree analysis).

The empirical analysis revealed that increased demand for green products (demand-side driver) is positively correlated with firms’ propensity to invest in eco-innovation, and to adopt product and organizational eco-innovations. Our results also highlighted potential implications for managers and policy makers: collaboration with universities and research institutes (supply-side driver) influences positively the investment in eco-innovation, while environmental policy related factors (access to subsidies, current and future regulations) revealed inefficient to foster eco-innovation investments and adoption of eco-innovative processes and organizational eco-innovations (current regulations only stimulate adoption of green products). Regarding the effect of previous implementations on latter adoptions, our results showed that low perceived complexity and high compatibility of eco-innovations with implemented business models/efficient technologies proven to be effective in stimulating the adoption of the three types of eco-innovations.

Keywords: Eco-innovation, Diffusion of eco-innovation, *Flash Eurobarometer* n° 315.

JEL-Codes: Q55, O33.

Índice Geral

Breve nota biográfica sobre o autor	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de Tabelas	vii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Apêndices	ix
Abreviaturas e acrónimos	x
Capítulo 1 – Introdução	1
Capítulo 2 – A eco-inovação: Do conceito, tipologia e determinantes, aos processos de difusão – Uma revisão de literatura	4
2.1. Eco-inovação: o conceito	4
2.2. Tipologia da eco-inovação	5
2.3. Determinantes e especificidades da eco-inovação	8
2.3.1. Externalidades	8
2.3.2. <i>Drivers</i>	9
2.3.3. Barreiras	11
2.4. Difusão da (eco-)inovação	13
2.4.1. Teorias da difusão da inovação	13
2.4.2. Particularidades da difusão da eco-inovação.....	16
2.5. Ferramentas para medir o grau de eco-inovação.....	18
Capítulo 3 – Difusão de eco-inovações: Base de dados utilizada, variáveis e análise empírica	23
3.1. Base de dados e seleção de variáveis	23
3.2. Análise empírica.....	27
Capítulo 4 – Difusão de eco-inovações: Resultados empíricos e discussão.....	30
4.1. Determinantes do investimento em eco-inovação.....	30
4.2. Determinantes da adoção de eco-inovações.....	37
Capítulo 5 – Principais conclusões e linhas futuras de investigação	51
5.1. Contribuições objetivas e implicações de política pública	51

5.2. Limitações do estudo e linhas futuras de investigação	53
Referências	55
Apêndices.....	63

Índice de Tabelas

Tabela 1. Resumo dos principais determinantes, barreiras e especificidades das eco-inovações.	12
Tabela 2. Identificação e descrição das variáveis utilizadas no estudo.	25
Tabela 3. Regressão Logit (análise univariada). Determinantes do investimento em eco-inovação (Q6).	30
Tabela 4. Regressões Logit (análise univariada). Determinantes da adoção das eco-inovações de produto (D5.A), processo (D5.B) e organizacionais (D5.C).	38

Índice de Figuras

Figura 1. Perfil eco-inovador (índice agregado de eco-inovação) dos países da UE, para um valor base de 100, indicado como o <i>score</i> médio da UE considerando os 28 estados-membro.	20
Figura 2. Árvore de Classificação (CART) para o investimento em eco-inovação (Q6).	35
Figura 3. Árvore de Classificação (CART) para a adoção de eco-inovação de produto (D5.A).	47
Figura 4. Árvore de Classificação (CART) para a adoção de eco-inovação de processo (D5.B).	48
Figura 5. Árvore de Classificação (CART) para a adoção de eco-inovação organizacional (D5.C).	49

Índice de Apêndices

Apêndice A1. Questões do Eurobarômetro nº315 relevantes para o estudo	64
Apêndice A2. Código R para a limpeza e tratamento da base de dados	68
Apêndice A3. Código R para a regressão logística do investimento em eco-inovação (Q6).....	72
Apêndice A4. Código R para a árvore de classificação (CART) do investimento em eco-inovação (Q6).....	74
Apêndice A5. Código R para a regressão logística da adoção de eco-inovação de produto (D5.A).....	76
Apêndice A6. Código R para a árvore de classificação (CART) da adoção de eco-inovação de produto (D5.A)	78
Apêndice A7. Código R para a regressão logística da adoção de eco-inovação de processo (D5.B)	80
Apêndice A8. Código R para a árvore de classificação (CART) da adoção de eco-inovação de processo (D5.B)	82
Apêndice A9. Código R para a regressão logística da adoção de eco-inovação organizacional (D5.C).....	84
Apêndice A10. Código R para a árvore de classificação (CART) da adoção de eco-inovação organizacional (D5.C)	86

Abreviaturas e acrónimos

CIS 2008 – *Community Innovation Survey* (2008)

EcoAP – *Eco-innovation Action Plan*

Eco-IS – *Eco-innovation Scoreboard*

EIO – *Eco-innovation Observatory*

EMAS – Sistemas comunitários de ecogestão e auditoria

Eurobarómetro nº 315 - *Flash Eurobarometer* nº 315 (“*Attitudes of European Entrepreneurs Towards Eco-innovation*”)

ISO 14001 – Norma internacional para um sistema de gestão da qualidade ambiental (SGA)

I&D – Investigação e Desenvolvimento

NACE Rev.2 – *Statistical classification of economic activities in the European Community*

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ONGs – Organizações não governamentais

PMEs – Pequenas e médias empresas

SMEs – *Small and medium enterprises*

UE – União Europeia

Capítulo 1 – Introdução

Atualmente existe uma crescente preocupação, que se tem refletido em políticas públicas, relativamente à importância do desenvolvimento e adoção de inovações que permitam a transição para um desenvolvimento sustentável. As empresas estão cada vez mais orientadas para as “práticas verdes” e têm aumentado os seus investimentos nesse sentido (Díaz-García *et al.*, 2015; Mansfield, 1961; Vargas-Vargas e Meseguer-Santamaría, 2010). Um programa recentemente criado – *Eco-Innovation Action Plan* (EcoAP) – com enfoque na eco-inovação, tem como objetivo a diminuição dos impactos ambientais, no contexto da Estratégia Europa 2020 que está orientada para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo (Comissão Europeia, 2011). O plano permite facilitar a mobilização de instrumentos financeiros e de serviços de apoio às pequenas e médias empresas (PMEs), permitindo a celeridade dos investimentos e a exploração de oportunidades de *networking* relacionadas com a eco-inovação.¹

A eco-inovação pode ser definida como “a produção, a aplicação ou a exploração de um bem, serviço, processo de produção, estrutura organizacional ou de gestão, ou método de negócio que é novo para a empresa ou utilizador e que se traduz, ao longo do seu ciclo de vida, numa redução do risco ambiental, da poluição e dos impactos negativos da utilização dos recursos (incluindo a utilização de energia) em comparação com as alternativas relevantes” (Kemp e Pearson, 2007, pp.7). Segundo os mesmos autores, as eco-inovações podem ser categorizadas em produtos, processos e serviços “amigos do ambiente”, mas também em sistemas de gestão ambiental (*e.g.*, EMAS - Sistemas comunitários de ecogestão e auditoria) (Kemp e Pearson, 2007).

¹ Programas como o Horizonte 2020, programa da UE para a investigação e a inovação (2014-2020), permitem fornecer os meios de financiamento adequados à implementação do plano EcoAP (Comissão Europeia, 2011; Ociepa-Kubicka e Pachura, 2017). A ação climática e ambiental é alcançada através de uma série de ações e oportunidades para colaboração dentro do desafio societal “Ação climática, ambiente, eficiência de recursos e matérias-primas”. Existem ainda outros programas/instrumentos: COSME – Programa da UE para a competitividade das empresas e das PME’s (2014-2020), permitindo por exemplo às empresas encontrar parceiros internacionais para desenvolverem produtos eco-inovadores, e encontrar apoios à inovação e transferência de tecnologia; Programa LIFE+, que providencia apoio a empresas, entidades públicas e organizações sem fins lucrativos, para que estas possam desenvolver soluções eco-inovadoras; ESIF (Fundos europeus estruturais e de investimento) – programa que constitui a principal ferramenta da UE que pode ser utilizada em investimentos eco-inovadores, mobilizando o investimento privado; Programas Operacionais (PO) – 16 programas operacionais a que acrescem outros (*e.g.*, cooperação territorial), e que constituem outras formas de apoio ao desenvolvimento de eco-inovações.

Uma vez que as eco-inovações desempenham uma função importante em direção a sociedades mais sustentáveis e competitivas, é da maior relevância identificar os principais determinantes/*drivers* (internos ou externos à organização) para que estas empresas desenvolvam e/ou adotem as eco-inovações, o que pode auxiliar os agentes políticos a implementar os instrumentos adequados para a promoção da eco-inovação (del Río *et al.*, 2016; Carrillo-Hermosilla *et al.*, 2010; Horbach, 2008; Kemp e Arundel, 1998; Machiba, 2010; Rennings, 2000).

Comparando com outros tipos de inovações, as eco-inovações requerem geralmente um período de tempo mais alargado até serem adotadas, o que está diretamente relacionado com o seu grau e trajetória de difusão (Kemp e Volpi, 2008; Zhang *et al.*, 2011). Fruto do desenvolvimento de diferentes modelos preditivos, atualmente conhecem-se os principais fatores que influenciam a adoção e difusão de inovações, como as características das inovações, dos adotantes e do ambiente em que se inserem (Karakaya *et al.*, 2014). Contudo, pouco se sabe acerca da importância relativa de cada um desses fatores para o sucesso da implementação de eco-inovações, havendo inclusive algumas divergências relativamente à direção dessas relações. Além disso, a ligação com a teoria de difusão de Rogers (2003) é ainda muito limitada (Karakaya *et al.*, 2014), o que faz com que a análise entre a ligação do conceito de eco-inovação e a teoria de difusão das inovações seja uma área promissora para investigação futura. Por outro lado, os determinantes das atividades de eco-inovação foram extensivamente analisados em diferentes países isolados (sendo a grande maioria em relação à Alemanha), embora estudos mais recentes tenham contemplado uma análise mais alargada (Horbach, 2014), fruto de inquéritos como o *Community Innovation Survey* 2008 (CIS 2008) que permite comparar os determinantes da eco-inovação em 19 países. Atualmente o Eurobarómetro nº 315 (*Eurobarometer Survey*, 2011) possibilita uma análise que abrange os 27 países da UE, embora a sua utilização ainda tenha sido pouco explorada. Estes estudos centram-se essencialmente em questões relacionadas com políticas públicas e regulamentação, fatores de *technology push*, *market pull* e fatores específicos relacionados com características das organizações. No entanto, devido ao facto de algumas eco-inovações já se encontrarem numa fase madura, torna-se premente desenvolver uma compreensão completa sobre os seus processos de difusão (Karakaya *et al.*, 2014), incluindo as dimensões não abordadas nos estudos anteriores.

Desta forma, e explorando estas duas lacunas da literatura, o presente trabalho visa investigar a difusão de eco-inovações no contexto europeu, ancorado na seguinte questão de investigação:

- Quais são os principais determinantes do investimento e da adoção de eco-inovações?

Para dar resposta à questão previamente identificada, a metodologia selecionada pretende explorar a temática da eco-inovação recorrendo a um inquérito comunitário, designadamente o Eurobarómetro nº 315 (*Eurobarometer Survey*, 2011), que permite uma análise estatística sobre as atividades eco-inovadoras de pequenas e médias empresas (PMEs), abrangendo os 27 países da União Europeia (UE).

A presente dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma: após o breve quadro introdutório anterior (**capítulo 1**), apresenta-se uma revisão de literatura (**capítulo 2**) dividida em cinco partes: (2.1) Começa por se definir o conceito de eco-inovação; (2.2) são apresentados os principais estudos relativamente à tipologia da eco-inovação; (2.3) são destacados os principais *drivers* e barreiras, bem como outras peculiaridades das eco-inovações; (2.4) é definida a teoria da difusão da inovação e as especificidades da adoção/difusão de eco-inovações; (2.5) indicam-se os principais métodos utilizados para medir as atividades de eco-inovação. Posteriormente, no **capítulo 3** são descritas a base de dados (3.1) e a metodologia proposta (3.2) para dar resposta às questões de investigação previamente identificadas; No **capítulo 4** são discutidos os principais resultados empíricos subjacentes aos determinantes que influenciam o investimento em eco-inovação (4.1), e aos determinantes que influenciam a adoção de eco-inovações (4.2); O último capítulo (**capítulo 5**) expõe as principais conclusões e contribuições objetivas para políticas públicas (5.1) a extrair deste trabalho de investigação, apresentando-se igualmente as suas principais limitações (5.2), que constituem importantes pontos de partida para investigação futura.

Capítulo 2 – A eco-inovação: Do conceito, tipologia e determinantes, aos processos de difusão – Uma revisão de literatura

2.1. Eco-inovação: o conceito

O conceito de eco-inovação tem captado a atenção de diversos académicos (Kemp e Pearson, 2007; Pujari, 2006; Rennings, 2000). Atualmente o termo é utilizado como sinónimo de “inovação verde”, “inovação sustentável” e “inovação ambiental/ecológica” (Karakaya *et al.*, 2014). O conceito surgiu pela primeira vez numa publicação de Fussler e James (1996). Estes autores definem eco-inovação como “o processo de desenvolvimento de novos produtos e processos que acrescentam valor para os clientes e os negócios, mas diminuindo significativamente os impactos ambientais.” Desde então, diversas definições têm vindo a ser propostas. Rennings (2000) define a eco-inovação como “uma inovação (produtos, processos, comportamentos) que diminui as ameaças ambientais, contribuindo para a sustentabilidade do ambiente.”

Atualmente, uma das definições com maior aceitação foi proposta no relatório MEI (*Measuring Eco-Innovation*) (Kemp e Pearson, 2007). Os seus autores definem o conceito da seguinte forma:

“A eco-inovação é a produção, a aplicação ou a exploração de um bem, serviço, processo de produção, estrutura organizacional ou de gestão, ou método de negócio que é novo para a empresa ou utilizador e que se traduz, ao longo do seu ciclo de vida, numa redução do risco ambiental, da poluição e dos impactos negativos da utilização dos recursos (incluindo a utilização de energia) em comparação com as alternativas relevantes.”

(Kemp e Pearson, 2007, pp.7)

Esta definição evidencia algumas características importantes: baseia-se numa visão subjetiva da inovação (a inovação tem de ser nova para a empresa), considera apenas as inovações implementadas (não considera as atividades desenvolvidas que não vão resultar numa redução dos impactos ambientais), e relaciona os impactos ambientais

com o estado da arte das alternativas relevantes (Horbach *et al.*, 2012). Este conceito de eco-inovação está alinhado com o conceito de inovação em geral, proposto no manual de Oslo (OCDE, 2005), diferindo essencialmente em dois aspetos: **(i)** a eco-inovação resulta na redução do impacto ambiental, seja este intencional ou não; **(ii)** O alcance da eco-inovação pode ir para lá das fronteiras organizacionais convencionais e envolver acordos sociais mais alargados que promovam alterações em normas socioculturais e estruturas institucionais existentes (OCDE, 2009). Por outro lado, a definição de inovação apresenta um desvio em relação à definição introduzida inicialmente por Schumpeter (1934), uma vez que considera que a inovação (de produto, processo, serviço ou estrutura organizacional), não necessita de criar um novo mercado ou de ser nova no mercado que já existe, basta ser pioneira na empresa. Desta forma, a definição refere-se também à adoção de inovações já adotadas por outros anteriormente.

2.2. Tipologia da eco-inovação

Rennings *et al.* (2006) classificaram as eco-inovações em: **(i) eco-inovações técnicas**, que consistem em tipos de inovação relativos a produtos/processos novos ou modificados para evitar ou reduzir o impacto ambiental (Rennings e Zwick, 2002). As eco-inovações de processo subdividem-se em tecnologias *end-of-pipe* (não integram o processo de produção, são tecnologias de controlo da poluição que previnem a libertação direta de substâncias nocivas no meio ambiente (água, ar, solo), e tecnologias integradas mais limpas; e, **(ii) Eco-inovações organizacionais**, que incluem a reorganização de processos e responsabilidades dentro da organização, visando a redução dos impactos ambientais (*e.g.*, EMAS - Sistemas comunitários de ecogestão e auditoria).

Kemp e Foxon (2007) propuseram outra classificação, que divide as eco-inovações em quatro categorias: **(i) Tecnologias ambientais**, que abrangem tecnologias de remediação/controlo da poluição (*end-of-pipe*), incluindo tecnologias de tratamento de águas residuais e tecnologias de processo mais limpas, que se traduzem em novos processos de fabrico menos poluentes e/ou mais eficientes a nível de recursos, do que as alternativas relevantes (alguns exemplos de tecnologias ambientais incluem: equipamento de gestão de resíduos, instrumentação e monitorização ambiental, tecnologias de energia verde, abastecimento de água, ruído e controlo da vibração); **(ii)**

Inovação organizacional para o ambiente (eco-inovação organizacional), ou seja, inovações ambientais, incluindo estratégias aplicadas aos processos de produção, infraestruturas e logística que limitam os impactos ambientais (alguns exemplos incluem sistemas formais de gestão ambiental e auditorias envolvendo medição, reporte e responsabilidades para lidar com questões de utilização de materiais, energia, água e resíduos – *e.g.*, EMAS e ISO 14001). As inovações organizacionais podem abranger toda a cadeia de valor, requerendo o compromisso de um conjunto alargado de atores e a cooperação entre empresas; **(iii) Inovações de produto/processo** que conferem benefícios ambientais, que incluem novos produtos ou produtos ambientalmente melhorados, incluindo eco-edifícios, produtos financeiros verdes (como *eco-leasing*), serviços ambientais (gestão de resíduos sólidos e perigosos, água e gestão de águas residuais, consultoria ambiental, bem como testes e serviços analíticos) e serviços menos poluentes e menos intensivos na utilização de recursos (*e.g.*, partilha de carro); **(iv) Sistemas de inovação verde**, que por definição “envolve uma gama alargada de mudanças na tecnologia de produção, conhecimento, organização, instituições e infraestruturas e possivelmente mudanças no comportamento dos consumidores” (Kemp e Foxon, 2007, pp. 9), incluindo sistemas alternativos de produção e consumo mais amigos do ambiente do que os sistemas existentes, como a agricultura biológica e sistemas de energias renováveis.

As inovações também podem ser classificadas atendendo ao seu grau de novidade. Na visão *schumpeteriana*, as **inovações radicais** criam mudanças disruptivas assinaláveis, substituindo as tecnologias antigas, ao passo que as **inovações incrementais** se processam de forma relativamente contínua envolvendo melhorias graduais dos produtos/serviços, processos, ou métodos organizacionais (OCDE, 2005), dentro de um mesmo paradigma tecnológico. Num quadro de mudança tecnológica, Freeman e Soete (1987) classificam-nos como: **novos sistemas tecnológicos**, que correspondem a “constelações” de inovações de produtos e processos, que são técnica e economicamente relacionadas; **mudanças dos paradigmas tecno-económicos**, que se assemelham a uma revolução tecnológica influenciada por profundas mudanças económicas, sociais e institucionais.

No caso da eco-inovação, inovações incrementais visam introduzir modificações e melhorias em tecnologias ou processos existentes de forma a aumentar a eficiência de

recursos (*e.g.*, melhoria incremental da eficiência dos combustíveis nos automóveis), através da substituição de materiais convencionais por materiais cuja ameaça ambiental é reduzida (*e.g.*, substituição de materiais em bruto por materiais reciclados) e a utilização da energia, sem que haja mudanças fundamentais no *core* das tecnologias (Dangelico e Pujari, 2010; Hellström, 2007). O estudo “*The future of eco-innovation: The role of business models in green transformation*” (OCDE, 2012) demonstra que a inovação incremental é a forma dominante nas inovações em geral e também nas eco-inovações.

As inovações radicais de produto incluem a utilização de novas tecnologias com mudanças significativas (*e.g.*, utilização de veículos híbridos ou veículos movidos a hidrogénio), ou a substituição de um componente crítico por um completamente novo que reduz significativamente o impacto ambiental do produto (*e.g.*, um inseticida baseado num ingrediente novo e natural) (Dangelico e Pujari, 2010). As *smart grids* são um exemplo de inovação tecnológica e institucionalmente radical (Kemp, 2011). As inovações radicais e sistemas de inovação verde pressupõem mais incerteza, requerendo um longo período de desenvolvimento e um investimento a longo prazo, e, como envolvem diversos atores, geram-se problemas de coordenação e de apropriação dos benefícios (Kemp, 2011).

Uma terceira classificação das inovações, também ela útil para a compreensão da eco-inovação em particular, para além de dividir a inovação em radical e incremental, distingue também **inovação modular** e **inovação arquitetural** (Henderson e Clark, 1990). As **inovações modulares** caracterizam-se por mudanças em pelo menos um dos componentes *core* de um sistema, mas não nas ligações entre esses mesmos componentes. As **inovações arquiteturais** envolvem a reconfiguração de um sistema, no qual os seus componentes estão interligados de uma nova forma. É importante salientar que este tipo de inovação não implica que os componentes permaneçam imutáveis, mas que estes são alterados de forma a permitir novas formas de ligação entre eles. No entanto, a mudança é tão ténue que o conceito *core* se mantém inalterado, nomeadamente no que diz respeito ao conhecimento científico e de engenharia subjacentes.

Uma vez definida e classificada a eco-inovação, é essencial conhecer os fatores que levam as empresas a desenvolver/adotar essas inovações.

2.3. Determinantes e especificidades da eco-inovação

Nesta secção são descritas as principais especificidades das eco-inovações (designadamente as externalidades que as caracterizam), bem como os principais *drivers* e barreiras ao desenvolvimento/investimento/adoção deste tipo de inovações. Por fim, os dados são compilados de forma concisa (ver **Tabela 1**).

2.3.1. Externalidades

As eco-inovações, contrariamente às inovações em geral, produzem uma dupla externalidade, responsável por criar falhas de mercado (Hojnik e Ruzzier, 2016; Jaffe *et al.*, 2005; Rennings, 2000)². A primeira falha de mercado inclui externalidades positivas de conhecimento (difusão do conhecimento e da imitação), comum a todas as inovações, e que são geradas pelas atividades de investigação e de inovação. O novo conhecimento, sendo um bem público, também vai beneficiar outras empresas, logo, para que a empresa inovadora possa internalizar os lucros da inovação, necessita de recorrer a mecanismos de proteção da propriedade intelectual (como as patentes). A segunda falha de mercado considera externalidades positivas relacionadas com o facto de a eco-inovação tecnológica trazer benefícios a toda a sociedade - reduzido impacto ambiental -, no entanto, esta característica não é geralmente valorizada pelo mercado (na ausência de intervenção pública).

Devido à problemática da dupla externalidade, as empresas eco-inovadoras enfrentam o problema de produzirem um bem público ao qual ficam dependentes (Beise e Rennings, 2003). Ao passo que os alimentos biológicos geram benefícios relativamente ao consumo de produtos convencionais tanto para o utilizador (sabor, saúde) como para o ambiente (menor uso de pesticidas), os benefícios de outros bens e serviços ambientais como a eletricidade obtida a partir de energias renováveis não apresenta benefícios privados quando comparada com a energia fóssil ou nuclear. A combinação destas duas externalidades, resulta num sub-investimento considerável na eco-inovação, bastante

² Smith (2000) e Kemp (2011), para além das falhas de mercado, abordam também as falhas sistémicas, relacionadas com problemas: (i) inerentes à infraestrutura tecnológica e *technological capabilities* (“capital de conhecimento”) responsáveis por uma rigidez tecnológica (*e.g.*, efeito *lock-in*.) – por exemplo, Unruh (2000) considera que os sistemas baseados em energias fósseis experimentaram processos que reforçaram adaptações que conduziram ao domínio das “tecnologias do carbono” e o conhecimento acumulado, infraestruturas, normas e regulações que as suportam conduziram ao que o autor denomina por “*carbon lock-in*”; (ii) inadequação institucional (em mercados de capitais, organizações e relacionadas com aspetos de regulamentação).

abaixo do nível ótimo social, uma vez que as empresas na iminência de suportar custos mais elevados do que os seus concorrentes mais poluentes, sem garantias de conseguir um retorno compensatório, são desincentivadas a investir (Hojnik e Ruzzier, 2016; Rennings, 2000). Desta forma, emerge a necessidade de identificação de medidas ao nível de regulamentação, nomeadamente ambiental e para a inovação. Uma estratégia de desregulação e de criação de mercados competitivos não é suficiente para corrigir estas falhas de mercado. Como os mercados não punem os impactos ambientais nocivos, o que iria recompensar as empresas eco-inovadoras, a competição inovação ambiental vs inovação não-ambiental apresenta resultados distorcidos (Beise e Rennings, 2003).

2.3.2. Drivers

Em sentido lato, designa-se por *driver* da eco-inovação qualquer elemento facilitador do desenvolvimento, investimento e/ou adoção desse tipo de inovação. É da maior relevância a identificação dos principais determinantes que motivam as empresas a desenvolver ou adotar soluções eco-inovadoras, para que se possa auxiliar os agentes políticos a implementar instrumentos que sejam eficientes na promoção da eco-inovação.

Os estudos que consideram a teoria geral da inovação abordam fatores como *technology push* (importante na fase de desenvolvimento do produto) e *market/demand pull* (importantes na fase de difusão) (De Marchi, 2012). Diversos estudos de eco-inovação também consideram os quadros regulatórios e institucionais importantes *drivers* da eco-inovação (De Marchi, 2012; Horbach, 2008; Rennings, 2000). Rennings (2000) destacou o papel dos *drivers regulatory push/pull* na eco-inovação, que se relaciona com a problemática da dupla externalidade.

Rennings (2000) descreve os seguintes determinantes da eco-inovação: *technology push* (eficiência energética, eficiência de materiais, qualidade do produto), *market pull* (procura dos consumidores, novos mercados, concorrência, novos mercados, quota de mercado, imagem e custos do trabalho), *regulatory push/pull effect* (regulamentação existente, nomeadamente ambiental, regulamentação futura e *standards* sobre segurança ocupacional e saúde).

Horbach (2008) alargou a teoria geral de inovação e propôs a “*environmental innovation theory*”, abrangendo fatores associados à procura, fatores associados à oferta e *drivers* políticos e institucionais como *drivers* da eco-inovação. Este *background teórico* tem sido utilizado recentemente por outros investigadores (Horbach *et al.*, 2012; Triguero *et al.*, 2013) para classificar os *drivers* da eco-inovação.

Habitualmente faz-se a distinção entre *drivers* internos e *drivers* externos da eco-inovação (del Río, 2009). *Drivers* internos à organização referem-se a recursos internos, condições pré-existentes e características das organizações que facilitam a atitude eco-inovadora. Em particular, o compromisso ao nível do *top management* para com a agenda ambiental, *technological capabilities* e recursos financeiros são aspetos relevantes. Desta forma, sistemas de gestão ambiental (*e.g.*, EMAS) representam capacidades internas importantes para as empresas, pois facilitam o desenvolvimento/adoção da eco-inovação (Wagner, 2007). Outras variáveis importantes podem incluir a propriedade da empresa, a orientação da produção para as exportações e características dos setores de atividade (Cainelli e Mazzanti, 2013).

Drivers externos à empresa também são decisivos para explicar a decisão das empresas em “eco-inovar”, designando uma resposta a estímulos e incentivos decorrentes de um amplo conjunto de atores e fatores (del Río, 2005). A influência pode revestir-se de diferentes formas, incluindo pressões do mercado e pressões não associadas ao mercado, resultantes de fluxos de informação e parcerias colaborativas (*networking*). Para além da regulamentação ambiental, outros atores e fatores podem desempenhar uma função crucial, incluindo associações industriais e câmaras de comércio, investidores, consumidores finais/clientes industriais, concorrência, ONGs ambientais, partidos verdes e sociedade civil (por vezes, influenciada pelos *mass media*), centros de investigação públicos e privados e instituições financeiras (del Río *et al.*, 2016). Os fatores externos e internos estão provavelmente interligados (del Río *et al.*, 2016).

Hojnik e Ruzzier (2016) num artigo de revisão da literatura sobre *drivers* relacionados com a eco-inovação, que considera os tipos e estádios da eco-inovação (do desenvolvimento à implementação pela empresa), concluíram que:

- Fatores *market pull* e de regulamentação são claramente os fatores dominantes e parecem ser os *drivers* mais críticos da eco-inovação. Para além disso, os determinantes de regulamentação permanecem como a *driving force* dominante

comparando com outros fatores e relativamente a diferentes tipos de inovação (produto, processo, e eco-inovação organizacional, tecnologias ambientais e I&D ambiental), desempenham uma função fundamental em ambos os estádios da eco-inovação (desenvolvimento e difusão) e prevalecem sobre instrumentos de incentivo económico (consistente com os resultados de Kemp e Pontoglio, 2011);

- Relativamente aos *drivers* de diferentes tipos de eco-inovação verifica-se que a eco-inovação de produto, eco-inovação de processo, eco-inovação organizacional e investimentos em I&D ambiental parecem ser conduzidos por *drivers* comuns – como regulamentação, fatores *market pull*, sistemas de gestão ambiental, e poupanças de custo, estando também positivamente relacionados com a dimensão da empresa;
- Relativamente aos *drivers* presentes nos estádios de desenvolvimento/inovação ou nos estádios de adoção/difusão, os autores indicam que a maior parte dos *drivers* estudados influencia a fase de adoção/difusão;
- A maior parte dos estudos seguem metodologias com base em abordagens quantitativas.

2.3.3. Barreiras

Em sentido lato, designa-se por barreira à eco-inovação qualquer elemento que possa dificultar o desenvolvimento e/ou adoção deste tipo de inovação, podendo também considerar-se imperfeições de mercado que os impedem de adotar eco-inovações. Mais do que pensar em termos de procura e oferta, à semelhança dos *drivers*, as barreiras são habitualmente classificadas de uma outra forma (Bleischwitz *et al.*, 2009). Estes autores consideram as seguintes barreiras à eco-inovação:

- **Barreiras de informação**, que decorrem de assimetrias na distribuição do conhecimento acerca de eficiência de materiais e recursos entre os vários atores, tais como utilizadores e produtores. As empresas esperam frequentemente um período de *payback* curto dos seus investimentos, menosprezando o potencial das reduções de custo no médio prazo;
- **Barreiras financeiras**, que são geralmente o resultado de uma divergência entre os atores, relacionada com incentivos financeiros (*e.g.*, entre utilizador e

investidor) com interesses contrastantes no que diz respeito à adoção da eco-inovação;

- **Gap entre a I&D e o lançamento no mercado**, que ocorre frequentemente quando os riscos associados às despesas de I&D são elevados. Casos em que a empresa só aceitará agir como *first mover* na introdução da eco-inovação, se esta puder beneficiar de uma proteção conveniente por patentes.

Ashford (1993) oferece uma análise mais exaustiva das barreiras, identificando: (i) **Barreiras tecnológicas** (*e.g.*, indisponibilidade de determinadas tecnologias para aplicações específicas, e ceticismo relativamente à performance de determinadas tecnologias, com consequente relutância face ao investimento nas mesmas); (ii) **Barreiras financeiras** (*e.g.*, despesas em I&D relativas à tecnologia, e falta de flexibilidade no que diz respeito ao investimento de capital, devido a margens de lucro baixas); (iii) **Barreiras relacionadas com a força de trabalho** (*e.g.*, falta de *staff* responsável pela gestão, controlo, e/ou implementação de tecnologias de tratamento de resíduos); (iv) **Barreiras de regulação** (*e.g.*, incerteza perante a regulação ambiental no futuro); (v) **Barreiras relacionadas com o consumidor** (*e.g.*, risco de perda do cliente se o produto não puder ser entregue num determinado período); (vi) **Barreiras relacionadas com o fornecimento** (Falta de apoio dos fornecedores em termos de promoção do produto, serviço de manutenção dos bens, *expertise* relacionada com ajustamentos de processo); (vii) **Barreiras de gestão** (*e.g.*, falta de compromisso por parte do *top management*, falta de formação e/ou motivação dos trabalhadores).

Uma política que promova a eco-inovação deve considerar as barreiras à sua adoção. É necessário combinar diferentes instrumentos de política pública, incluindo aspetos da proteção ambiental na política de inovação e a promoção das inovações tecnológicas na política ambiental (Rennings, 2000).

Tabela 1. Resumo dos principais determinantes, barreiras e especificidades das eco-inovações.

Eco-inovações	
Externalidades	Externalidades de conhecimento (comuns a todas as inovações)
	Externalidades ambientais (específicas das eco-inovações)
Determinantes	Technology push/supply-side

Barreiras	<p>(<i>technological and management capabilities</i>; dimensão da organização; atividades de I&D; cooperação com entidades externas; poupanças de custo)</p> <p>Market pull/demand-side (aumento da procura por ‘produtos verdes’, em resultado do aumento da consciência ambiental por parte do consumidor; expectável aumento da quota de mercado ou participação em novos mercados)</p> <p>Regulatory push/institutional (Regulamentação existente; antecipação de regulamentação futura)</p> <p>Informação (assimetrias de conhecimento relativo às eco-inovações, entre os atores envolvidos)</p> <p>Financeiras (incentivo financeiro para adotar a eco-inovação varia entre os atores)</p> <p>Gap entre a I&D e o lançamento no mercado da eco-inovação (a empresa não incorrerá numa elevada despesa em I&D, sem a devida proteção intelectual das invenções)</p> <p>Tecnológicas (Indisponibilidade de determinadas tecnologias para aplicações específicas)</p> <p>Gestão (Falta de compromisso por parte do <i>top management</i>)</p>
------------------	--

Fonte: Compilação com base em Ashford (1993), Bleischwitz *et al.* (2009) e Horbach (2008, 2012).

2.4. Difusão da (eco-)inovação

Nesta secção são referidos os principais contributos subjacentes às teorias da difusão da inovação (2.4.1), e posteriormente identificam-se as particularidades inerentes à difusão das eco-inovações (2.4.2).

2.4.1. Teorias da difusão da inovação

A difusão é o resultado de micro-decisões influenciadas por micro-, meso- e macro-contextos (Metcalf, 1988; Rogers, 2003). Desta forma, para entender o processo de difusão, devem determinar-se as variáveis relevantes da adoção (estímulos, fatores

facilitadores e barreiras) e que vão induzir as empresas ou indivíduos a adotar uma inovação num determinado momento. Conhecidos alguns desses fatores, já destacados na secção 2.3, torna-se relevante abordar a investigação e teoria subjacentes à difusão da inovação, em geral, e da difusão da eco-inovação, em particular.

Rogers (2003) define difusão como “o processo pelo qual uma inovação é comunicada através de determinados canais ao longo do tempo, entre membros de um sistema social”. Esta definição contém os quatro elementos da difusão da inovação: a inovação, os canais de comunicação, o tempo e o sistema social. **(i)** A ‘**inovação**’ é descrita como uma ideia, prática, ou objeto que é percebido como novo por um indivíduo ou outra unidade de adoção. **(ii)** ‘**Canal de comunicação**’ é o meio através do qual as mensagens são transmitidas de um indivíduo para outro. A comunicação pode ser efetuada informando ou através de persuasão. A informação de potenciais adotantes sobre a existência de uma inovação é habitualmente levada a cabo por canais de comunicação *mass media* como a televisão e *internet*. Contudo, para persuadir um indivíduo a começar a utilizar a inovação, canais de comunicação interpessoais são à partida mais eficientes, uma vez que envolvem contacto pessoal. **(iii)** O elemento ‘**tempo**’ está envolvido na difusão através do processo no qual um indivíduo/organização que toma decisões passa de ter tido conhecimento inicial acerca de uma inovação, para formar uma atitude acerca dessa mesma inovação, para a decisão de adotar ou rejeitar, à implementação da nova ideia, e à confirmação da decisão. **(iv)** Por fim, o ‘**sistema social**’, é definido como um conjunto de unidades inter-relacionadas que estão comprometidas numa resolução conjunta de problemas de forma a alcançar um objetivo comum. A estrutura social do sistema afeta a difusão da inovação de diversas formas através de normas sociais, líderes de opinião e consequências sociais. De acordo com esta definição, o grau de inovação, as categorias de adotantes e o grau de adoção são aspetos críticos, uma vez que a difusão de inovações se baseia no grau de inovação e nas características de uma inovação.

Segundo Rogers (2003), as características intrínsecas à inovação que determinam a sua velocidade de adoção são:

- **Vantagem relativa**, que corresponde ao grau de perceção perante uma inovação que acrescenta benefícios (aumento de eficiência, benefícios económicos e

status organizacional) à ideia/ inovação antecessora. O indivíduo deve então conseguir perceber alguma vantagem aquando da decisão de aprovar a inovação;

- **Compatibilidade**, que corresponde ao grau de alinhamento da inovação com os valores organizacionais existentes, experiências passadas e necessidades dos potenciais adotantes;
- **Complexidade**, que corresponde à percepção do grau de dificuldade em compreender e utilizar/pôr em prática a inovação;
- **Experimentabilidade/Testabilidade**, que corresponde ao grau a que uma inovação pode ser experimentada/testada num contexto limitado;
- **Observabilidade**, que corresponde ao grau em que os resultados de uma inovação são visíveis para os outros.

Com base nas características referidas anteriormente, as inovações que sejam percebidas como mais vantajosas, compatíveis, facilmente testadas, com benefícios observáveis, e menos complexas serão adotadas com maior celeridade do que as restantes inovações que não apresentem esta combinação particular de características.

Rogers (2003) considera que o processo de decisão de adoção compreende essencialmente um processo mental através do qual um indivíduo ou outra unidade de adoção passa pelas seguintes fases: (i) conhecimento da inovação; (ii) tomada de uma atitude perante a inovação; (iii) decisão de adotar ou rejeitar a inovação; (iv) implementação da nova ideia (caso decida adotar); (v) e por fim, à confirmação dessa decisão.

Estudos sobre a adoção/difusão de novas tecnologias indicam que esta se propaga na forma de curva em S ao longo do tempo, também conhecida por curva de Bass (Mansfield, 1961; Rogers, 2003). Rogers (2003) distingue assim cinco categorias de inovadores, de acordo com a adoção ao longo do tempo: (i) *innovators*, (ii) *early adopters*, (iii) *early majority*, (iv) *late majority* e (v) *laggards*.

Rixen e Weigand (2014) avaliaram a eficiência de determinadas políticas públicas na indução da difusão de *smart meters* (contadores inteligentes), considerando que os impactos de diferentes políticas estão dependentes dos objetivos. Segundo os referidos autores, a concessão de subvenções (*monetary grants*) estimula a velocidade e o grau da adoção, e os mercados liberalizados também favorecem a adoção dos *smart meters*. A difusão induzida através de intervenções de regulação pode acelerar o processo de

adoção (velocidade) e aumenta o seu grau de penetração no longo prazo (nível) (Diaz-Rainey, 2009).

De acordo com Karakaya *et al.* (2014), existe uma literatura vasta e multidisciplinar subjacente à difusão da inovação. É possível identificar diferentes abordagens à difusão das inovações, cada uma analisando diferentes aspetos da difusão segundo diferentes perspetivas. Os principais contributos vêm da economia, *marketing*, sociologia e antropologia. Os economistas desenvolveram diversos modelos econométricos para explicar a difusão de novos produtos e tecnologias baseando-se nos custos e comportamento passado dos consumidores. Os estudos de *marketing*, aplicando diferentes métodos de investigação, procuraram explicar o comportamento do comprador. Estudos na área da sociologia tiveram como motivação a avaliação de fatores sociológicos e psicológicos que influenciam a difusão das inovações, e os estudos antropológicos desenvolveram abordagens metodológicas com base em estudos de caso da difusão de novas ideias, doutrinas e informação em comunidades. Mais recentemente tem emergido uma investigação multidisciplinar acerca de difusão de inovações, centrada numa perspetiva de políticas públicas, nomeadamente nas áreas da saúde e da educação.

A investigação do fenómeno da difusão procura identificar os fatores que influenciam o grau e a direção de adoção de uma inovação (Geroski, 2000). Na prática, o padrão de adoção de uma inovação depende da interação de diferentes fatores que podem agrupar-se em: fatores associados à oferta (disponibilidade de informação, relativa à vantagem da inovação, barreiras à adoção e *feedback* entre fornecedores e consumidores); fatores associados à procura (adotantes com diferentes perceções, imitações dos *early adopters*); e fatores *cross-country* (cultura, religião, líderes de opinião).

2.4.2. Particularidades da difusão da eco-inovação

A difusão da eco-inovação atrai a atenção dos agentes políticos e agentes de negócios devido ao seu potencial de mercado e às preocupações globais com o ambiente (Karakaya *et al.*, 2014). Algumas eco-inovações já atingiram o estado de maturidade e conseguem competir com as alternativas convencionais. Por exemplo, o mercado fotovoltaico na Alemanha já atingiu a paridade de rede (*grid parity*), *i.e.* a tecnologia

encontra-se num estado em que pode competir com as fontes de eletricidade convencionais em termos de custos de geração de eletricidade (Lettner e Auer, 2012; Karakaya *et al.*, 2015).

As eco-inovações não seguem habitualmente a curva típica de difusão de Bass, sendo que a difusão é habitualmente mais lenta neste tipo de inovações (elevados tempos de *take-off* e descontinuidades) (Zhang *et al.*, 2011). Em 2006, a energia solar representava menos de 0,1% da produção de eletricidade nos Estados Unidos, apesar de comercialmente disponível há mais de 60 anos. Em 2010, os veículos elétricos híbridos representaram menos de 3% de quota de mercado 10 anos após a sua introdução no *mass market* (Zhang *et al.*, 2011). Em contraste, o *iPhone* alcançou 10% de quota de mercado em menos de um ano após o lançamento, continuado a aumentar o volume de vendas. Se se prevê que as eco-inovações venham a ter um impacto no futuro, a indústria e as agências governamentais têm de compreender como difundir estes tipos de inovação no momento presente. Kemp e Volpi (2008) também referem no seu estudo que a difusão de tecnologias ambientais é inicialmente lenta, uma vez que não é bem conhecida, e está envolta ainda em maior incerteza do que as tecnologias dos outros tipos de inovação. Apesar desta incerteza, existem boas razões para apostar no apoio ao desenvolvimento e difusão de eco-inovações:

- **Razões ambientais** - a população mundial continua a aumentar e existe a procura por padrões de vida cada vez mais elevados, em que o aumento do consumo conduz ao aumento da poluição, mudanças climáticas, e à privação de recursos naturais e biodiversidade (Cawsey, 1996). Neste contexto, a eco-inovação pode ser a única forma de sustentar a qualidade de vida atual no longo prazo;
- **Razões económicas** - as eco-indústrias (*e.g.*, controlo da poluição atmosférica, gestão de águas residuais, gestão de resíduos sólidos, remediação dos solos, energias renováveis e reciclagem) estão entre as indústrias com maior potencial de crescimento (Roland Berger Strategy Consultants, 2009).

As eco-indústrias podem ser classificadas de acordo com a forma como introduzem as eco-inovações (Kemp e Pearson, 2007), levando à distinção entre categorias distintas de eco-inovadores: **(i) Eco-inovadores estratégicos:** ativos nos setores de eco-equipamentos e serviços, desenvolvendo as eco-inovações para vender a outras

empresas; **(ii) Eco-adotantes estratégicos:** implementam intencionalmente eco-inovações, desenvolvidas *in-house* e/ou adquiridas a outras empresas; **(iii) Eco-inovadores passivos:** adotam inovações com benefícios ambientais, mas não têm uma estratégia específica para eco-inovar; **(iv) Não eco-inovadores:** sem atividades de inovação (intencionais ou não) com benefícios ambientais.

O conceito de difusão na gestão da eco-inovação é habitualmente utilizado para difusão de inovações ambientais dentro das organizações, especialmente para práticas amigas do ambiente (Karakaya *et al.*, 2014). A adoção de sistemas de gestão ambiental (SGA), uma abordagem de *total quality management* dos programas ambientais das organizações tem centrado em si a atenção de vários académicos. Florida e Davison (2001) concluíram que a adoção de SGA permite obter benefícios tangíveis como a redução dos riscos ambientais, a melhoria da relação com os *stakeholders*, considerando também os SGA um bom indicador de empresas altamente inovadoras. Por outro lado, Frondel *et al.* (2008) investigaram a função dos SGA na adoção de eco-inovações e concluíram que as atividades eco-inovadoras não estão associadas aos SGA, existe sim uma potencial correlação da atividade inovadora com a rigidez da política ambiental. Wagner (2008) abordou o impacto dos SGA e atividades de gestão ambiental na propensão das empresas em adotar eco-inovações e os resultados que obteve indicam que os SGA favorecem o desenvolvimento/adoção de inovações de processo, mas não de inovações de produto.

2.5. Ferramentas para medir o grau de eco-inovação

De acordo com Arundel e Kemp (2009) a eco-inovação pode ser analisada utilizando as seguintes quatro categorias: **(i) Medidas de input:** Despesas em I&D, *staff* afeto à I&D, e despesas em inovação (incluindo intangíveis como despesas em *design* e custos relacionados com *software* e *marketing*); **(ii) Medidas de output intermédias:** como o número de patentes, e o número e tipo de publicações científicas; **(iii) Medidas de output diretas:** como o número de inovações, descrições individuais das inovações, e dados relativos à venda de novos produtos; **(iv) Medidas de output indiretas:** que derivam de dados agregados: mudanças na eficiência da utilização de recursos e produtividade utilizando análise por decomposição.

Arundel e Kemp (2009) identificaram três métodos úteis para medir o grau de eco-inovação: análise de inquéritos, análise de patentes e análise de fontes digitais e documentais. Neste trabalho vai ser abordada a medida da eco-inovação com base em análise de inquéritos, no contexto europeu. Os autores concluem ainda que apesar de alguns métodos apresentarem vantagens relativamente a outros, nenhum método ou indicador é ideal, pelo que a utilização de diferentes métodos é aconselhável.

O Observatório de Eco-inovação (*Eco-innovation Observatory*, 2015) é uma iniciativa da Comissão Europeia que disponibiliza fontes de informação integrada sobre eco-inovação numa base de dados contida no índice *Eco-Innovation Scoreboard* (Eco-IS) (Eco-IS, 2017), que apresenta a avaliação da performance de um país, em termos de eco-inovação, permitindo comparações entre os atuais 28 estados-membro da União Europeia. O Eco-IS tem por base um conjunto de 16 indicadores, que descrevem 5 componentes importantes: *inputs* de eco-inovação, atividades de eco-inovação, *outputs* de eco-inovação, resultados da eficiência de recursos e resultados socioeconómicos (Eco-IS, 2017).

A **Figura 1** indica os resultados do índice agregado de eco-inovação relativo ao ano 2016, sendo os países agrupados em três grupos: **(i)** Países líderes em eco-inovação/"*Eco-innovation (EI) leaders*", cujo valor é significativamente superior à média comunitária, **(ii)** Países com performance média em eco-inovação/"*Average eco-innovation (EI) performers*", com valores próximos da média da UE, **(iii)** Países *catching up* em eco-inovação/"*Countries catching up in eco-innovation (EI)*", com aproximadamente 85% ou menos performance eco-inovadora do que a média comunitária.

Com base nos dados do Eco-IS referentes a 2016 apresentados na **Figura 1**, pode verificar-se que a Alemanha lidera o *ranking*, sendo o país com o perfil mais eco-inovador da EU, com uma avaliação de 140. Os restantes 5 países que integram o grupo dos Países líderes em eco-inovação/"*EI leaders*" são o Luxemburgo, Finlândia, Dinamarca, Suécia e Reino Unido (com valores entre 110-139). Os resultados são interpretados em relação à média europeia que corresponde ao valor 100. Portugal (valor 95) integra o grupo de países com performance média em eco-inovação/"*Average EI performers*". Alguns países apresentam um *score* abaixo da média da UE, alcançando assim um baixo nível de eco-inovação (Países *catching up* em eco-

inovação/”*Countries catching up in EI*”). A Bulgária (valor 41), seguida pela Hungria (valor 60) e Malta (valor 65) estão entre os países com resultado mais baixo.

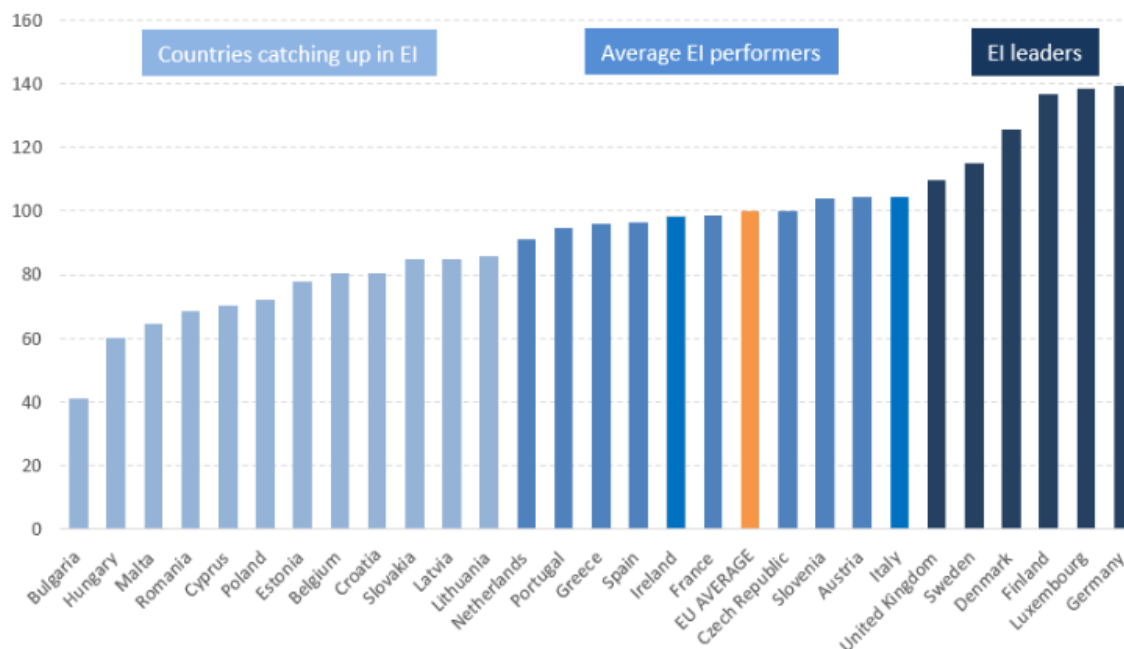


Figura 1. Perfil eco-inovador (índice agregado de eco-inovação) dos países da UE, para um valor base de 100, indicado como o *score* médio da UE considerando os 28 estados-membro.

Fonte: Eco-IS (2017).

O *Community Innovation Survey* 2008 (CIS 2008) inclui um tópico relativo à eco-inovação, contém dados que abrangem o período 2006-2008 e está em linha com o Manual de Oslo desenhado pela OCDE, onde as atividades e o processo de inovação são avaliados em termos de inovação de produto, processo, organizacional e de *marketing*, sendo também apontados os seus determinantes e obstáculos. O CIS 2008 foi conduzido em 31 países, os 27 membros da UE (na altura), 3 candidatos a membro (Turquia, Croácia e Islândia), e a Noruega (Eurostat, 2013). Este é um inquérito que incide no estudo da performance de inovação dos negócios, pretendendo identificar os setores mais propensos a implementar inovações com benefícios ambientais (o módulo referente a estas inovações apenas foi preenchido por 19 dos 31 países contemplados pelo estudo). Demonstra que o setor das indústrias transformadoras partilha o maior número de empresas que reduz o uso de materiais (*Eco-innovation Observatory*, 2011, pp. 40), ao passo que o setor da eletricidade, gás, vapor e o setor de fornecimento de ar condicionado partilham o maior número de empresas que implementam eco-inovações

para reduzir a utilização de energia. O relatório CIS 2008 também evidencia o facto de a maior parte das inovações com benefícios ambientais ter como objetivo melhorar a eficiência energética, com um menor enfoque no aumento da eficiência da utilização dos materiais.

O Eurobarómetro nº 315 (*Eurobarometer Survey*, 2011) contém dados sobre os principais *drivers* da eco-inovação considerados importantes por mais de 5000 gestores de PME de países da União Europeia. O inquérito identifica 14 *drivers* da eco-inovação: as *technological capabilities* das empresas; a consolidação ou aumento da quota de mercado existente; o atual preço elevado dos materiais (como um incentivo à inovação de utilizar menos material e reduzir os custos); o acesso limitado a materiais; a escassez esperada de materiais no futuro (como um incentivo para desenvolver substitutos inovadores que requerem menor utilização de materiais); a colaboração com institutos de investigação, agências e universidades; o bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico, a existência de bons parceiros de negócio; o atual preço elevado da energia (como um incentivo à inovação de utilizar menos energia e reduzir os custos); os aumentos futuros no preço da energia; a regulamentação existente (incluindo normas); a regulamentação futura (que imponha novas normas); o acesso a subsídios e incentivos fiscais existentes; e a crescente procura de produtos ecológicos. O estudo considera também um conjunto de 14 barreiras à eco-inovação: a falta de fundos nas empresas; a falta de financiamento externo; a incerteza no retorno do investimento ou período de *payback* demasiado longo da eco-inovação; a falta de *staff* qualificado e de *technological capabilities* nas empresas; o acesso limitado à informação e conhecimentos externos, incluindo falta de serviços de suporte tecnológico bem desenvolvidos; a falta de parceiros de negócio adequados; a falta de colaboração com institutos de investigação e universidades; a incerteza quanto à procura; reduzir a utilização de material não é uma prioridade da inovação; reduzir a utilização de energia não é uma prioridade da inovação; *lock-ins* tecnológicos (*e.g.*, infraestruturas técnicas antigas); mercado dominado por empresas estabelecidas; regulamentações e estruturas existentes não oferecem incentivos para a eco-inovação; o acesso insuficiente aos subsídios e incentivos fiscais existentes.

Este questionário será explicado em maior detalhe na próxima secção, uma vez que foi a ferramenta escolhida para desenvolver este trabalho.

Capítulo 3 – Difusão de eco-inovações: Base de dados utilizada, variáveis e análise empírica

3.1. Base de dados e seleção de variáveis

Os inquéritos comunitários são uma fonte de informação importante relativamente aos determinantes e barreiras ao investimento, adoção e difusão de eco-inovações. De forma a dar resposta às questões de investigação previamente identificadas neste trabalho, foram utilizados dados resultantes de entrevistas individuais a empresas segundo o inquérito *Flash Eurobarometer* nº 315 (“*Attitudes of European Entrepreneurs Towards Eco-innovation*”) da Comissão Europeia (*Eurobarometer Survey*, 2011). Este inquérito foi enviado para 5222 gestores de PME da UE-27, entre janeiro e fevereiro de 2011, resultando numa amostra aleatória estratificada e representante de PME (10-249 colaboradores) da UE-27. O número alvo de entrevistas depende da dimensão do país. Na maioria dos países, o tamanho da amostra alvo é entre 200 e 250 empresas, ao passo que países como Chipre, Luxemburgo e Malta apresentam a amostra reduzida a 50 (os pesos específicos de cada país são representativos do universo global).

O questionário define eco-inovação como “a introdução de qualquer produto novo ou significativamente melhorado (bem ou serviço), processo, mudança organizacional ou uma solução de *marketing* que reduz a utilização de recursos naturais (incluindo materiais, energia, água e território) e diminui a libertação de substâncias nocivas em todo o ciclo de vida do produto”. Assim, os dados recolhidos permitem averiguar se a empresa adotou diferentes tipos de eco-inovação nos últimos 24 meses, bem como averiguar a relevância de determinados itens (*drivers*, barreiras, investimentos em eco-inovação, etc) na performance eco-inovadora da empresa.

Esta base de dados é extremamente útil para a nossa análise, uma vez que incide especificamente sobre as atividades de eco-inovação das empresas. Quando comparado com dados de inquéritos como o CIS 2008, comumente utilizados em estudos sobre os determinantes e impacto da eco-inovação, os dados do Eurobarómetro nº 315 apresentam uma vantagem fundamental: a inclusão de informações específicas relativas a investimentos em atividades de eco-inovação, bem como informação sobre as barreiras ao desenvolvimento/adoção das mesmas.

Tendo em conta o propósito inicial deste trabalho de investigação - o estudo dos determinantes do investimento e adoção de eco-inovações -, definiram-se como **variáveis dependentes** (ver descrição detalhada das variáveis na **Tabela 2**):

- **O investimento em eco-inovação** (questão Q6 do Eurobarómetro nº315, ver **Apêndice A1**), que diz respeito à *share* dos investimentos de inovação correspondentes a eco-inovação que as empresas efetuaram nos cinco anos que antecederam as entrevistas. Esta variável segue uma escala de Likert de quatro pontos, indicando se os investimentos em eco-inovação contabilizaram “menos de 10%”, “entre 10 e 29%”, “entre 30 e 49%” ou “mais de 50%” do investimento total em inovação por parte das empresas. De acordo com os dados do Eurobarómetro, apenas 6% das empresas investe “mais de 50%” em eco-inovação, 10% investe “entre 30 e 49%”, 25% investe entre “10 e 29%”, 35% investe “menos de 10%” e 18% não investem/não desenvolvem atividades inovadoras de qualquer tipo. Para efeitos de simplificação da interpretação dos resultados dos modelos a desenvolver (descritos na **secção 3.2**) a variável correspondente ao investimento (Q6) foi convertida em variável categórica binária/*dummy* (“Investimento em eco-inovação”, “Não investimento em eco-inovação”);

- **A adoção de eco-inovação** nos últimos 24 meses (questão D5 do Eurobarómetro nº315, ver **Apêndice A1**), que caracteriza a eco-inovação de produto (D5.A), eco-inovação de processo (D5.B) e eco-inovação organizacional (D5.C), correspondendo a variáveis *dummy* (=1 se as PME's adotam eco-inovação, para qualquer um dos três tipos). De acordo com os dados do Eurobarómetro, 25% das empresas analisadas adotaram produtos eco-inovadores, 29% adotaram processos eco-inovadores, e 24% adotaram eco-inovações organizacionais.

Definiram-se como **variáveis independentes** três *sets* de variáveis (ver **Tabela 2**), de forma a avaliar as variáveis com maior impacto na decisão das empresas investirem ou adotarem eco-inovações:

- **Drivers da eco-inovação** (questões Q8 do Eurobarómetro nº315, ver **Apêndice A1**) fatores que motivam o investimento ou adoção de eco-inovações. Estas variáveis seguem uma escala de Likert de quatro pontos consoante a importância de cada *driver* (“nada importante”, “pouco importante”, “moderadamente importante”, e “muito

importante”), sendo agregadas as duas primeiras categorias (“nada importante”, pouco importante”) para simplificação da interpretação dos resultados;

- Variáveis correspondentes à **implementação de alterações** efetuadas nos últimos cinco anos (questões Q5 do Eurobarómetro nº315, ver **Apêndice A1**), de forma a promover a redução de custos materiais, correspondendo a variáveis *dummy* (=1 se as PME implementaram alterações). Este grupo de variáveis é apenas utilizado nos modelos referentes à adoção de eco-inovação (produto, processo, organizacionais), pretendendo estabelecer-se um paralelismo com as teorias da difusão da inovação (avaliar de que forma as implementações passadas influenciam a adoção mais recente de eco-inovações);

- **Variáveis controlo:** (i) Dimensão da empresa (questão D1 do Eurobarómetro nº315, ver **Apêndice A1**), correspondendo a uma variável *dummy* (=1 para médias empresas com 50-249 colaboradores); (ii) Setor de atividade económica (questão D4A do Eurobarómetro nº315, ver **Apêndice A1**). Os setores correspondentes às indústrias transformadoras foram agregados em quatro categorias correspondendo à intensidade tecnológica de acordo com a classificação NACE Rev. 2 (2 dígitos) (Eurostat, 2016): “Alta tecnologia industrial, média-alta tecnologia, média-baixa tecnologia, e baixa tecnologia industrial”. Os restantes setores são a agricultura, construção, abastecimento de água e outras atividades de remediação ambiental, serviços de restauração, e uma categoria residual correspondente a “outros setores” (não identificados). O abastecimento de água e outras atividades de remediação ambiental são o setor de referência neste estudo. Marin *et al.* (2015) consideram que devido ao seu envolvimento direto em atividades ambientais, as empresas com estas atividades industriais tendem a adotar mais soluções eco-inovadoras quando comparadas com outras indústrias; (iii) **Países** (da UE-27).

Tabela 2. Identificação e descrição das variáveis utilizadas no estudo.

Variáveis	Descrição	Medida
Dependentes		
Q6	Investimento em eco-inovação nos últimos 5 anos	=0 não investe =1 investe
D5.A	Adoção de eco-inovação de produto nos últimos 2 anos	=0 não adota =1 adota
D5.B	Adoção de eco-inovação de processo nos últimos 2 anos	=0 não adota =1 adota
D5.C	Adoção de eco-inovação	=0 não adota

	organizacional nos últimos 2 anos	=1 adota
Independentes		
Drivers (Q8)	Forças motrizes que podem acelerar a aceitação e o desenvolvimento da eco-inovação	Para todos os drivers (Q8.A a Q8.O): =0 não importante =1 moderadamente importante =2 muito importante
Q8.A	<i>Technological capabilities</i>	
Q8.B	Consolidar ou aumentar a quota de mercado existente	
Q8.C	O atual preço elevado dos materiais (como um incentivo à inovação de usar menos material e reduzir os custos)	
Q8.D	Acesso limitado a materiais	
Q8.E	Escassez esperada de materiais no futuro (como um incentivo para desenvolver substitutos inovadores que requerem menor utilização de materiais)	
Q8.F	Colaboração com institutos de investigação, agências e universidades	
Q8.G	Bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico	
Q8.H	Bons parceiros de negócio	
Q8.I	O atual preço elevado da energia (como um incentivo à inovação de utilizar menos energia e reduzir os custos)	
Q8.J	São esperados aumentos futuros no preço da energia	
Q8.L	Regulamentação existente, incluindo normas	
Q8.M	É esperada regulamentação futura, que imponha novas normas	
Q8.N	Acesso a subsídios e incentivos fiscais existentes	
Q8.O	Crescente procura de produtos ecológicos	
Implementação (Q5)	Implementação de alterações para reduzir os custos de materiais, nos últimos 5 anos	Para todos os determinantes (Q5.A a Q5.G): =0 não implementa =1 implementa
Q5.A	Alteração do modelo de negócios	
Q5.B	Melhoria do fluxo de materiais na cadeia de abastecimento	
Q5.C	Substituição de materiais caros por uns mais baratos	
Q5.D	Aquisição de tecnologias mais eficientes	
Q5.E	Desenvolvimento de tecnologias mais eficientes <i>in-house</i>	
Q5.F	Subcontratação da produção ou de atividades de serviços	
Q5.G	Reciclagem	
Controlo		
D1	Dimensão da empresa	=0 pequena empresa (10-49 colaboradores)

		=1 média empresa (50-249 colaboradores)
D4A	Setores de atividade: (Indústrias transformadoras (alta tecnologia industrial, média-alta tecnologia, média-baixa tecnologia, e baixa tecnologia industrial), agricultura, construção, abastecimento de água e outras atividades de remediação ambiental, serviços de restauração, outros setores)	
País	27 países da EU: (Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Roménia, Suécia)	

Fonte: Elaboração própria, com base no Eurobarómetro nº 315.

3.2. Análise empírica

Depois de definidas e descritas as variáveis relevantes para o presente trabalho de investigação, propõe-se como metodologia empírica a aplicação de modelos explicativos assentes em dois métodos de análise:

- i. **Regressão Logística (Regressão Logit)**, onde se pretende avaliar o conjunto de variáveis explicativas com maior impacto na decisão das empresas investirem em eco-inovação (Q6), ou adotarem eco-inovações de produto, processo, ou organizacionais (D5.A, D5.B, D5.C, respetivamente)³. Uma vez que as interações estatísticas podem ser difíceis de interpretar recorrendo exclusivamente às regressões logit (sobretudo quando se pretende avaliar o efeito de várias variáveis), complementa-se a análise com a inclusão de árvores de decisão cuja metodologia e pressupostos são descritos abaixo;
- ii. **Árvores de Decisão - CART (*Classification and Regression Trees*)**, Este método permite identificar relações complexas não lineares entre as variáveis explicativas e as variáveis de resposta acima identificadas, permitindo a construção

³ Realizou-se uma regressão logística com análise univariada relativamente aos três tipos de adoção, uma vez que o propósito da investigação passa também por analisar a adoção da eco-inovação recorrendo a árvores de classificação, uma para cada tipo de eco-inovação, para estudo das interações individuais entre os determinantes que mais influenciam a adoção.

de modelos facilmente interpretáveis (representação gráfica) (Breiman *et al.*, 1984). O CART é uma metodologia não paramétrica, uma vez que o algoritmo não faz suposições relativamente à distribuição dos valores das variáveis, podendo utilizar-se como *input* variáveis numéricas ou categóricas (ordenadas ou não ordenadas) (Breiman *et al.*, 1984). Como neste estudo as variáveis dependentes são categóricas, os modelos designam-se por árvores de classificação, contrariamente às árvores de regressão onde as variáveis de resposta são numéricas.

Uma árvore de decisão é determinada essencialmente por um conjunto de regras de divisão (*splitting rules*) representadas por nós de decisão e folhas (*i.e.*, nós terminais) que são atribuídos a uma classe. O processo (Atkinson e Therneau, 2000; Breiman *et al.*, 1984) consiste em: (i) partindo do conjunto de dados completo (primeiro nó da árvore, ou nó raiz), selecionar a variável mais discriminatória de acordo com uma função de impureza (*impurity function*) para a partição dos dados; (ii) repetição recursiva da partição (em subconjuntos cada vez mais homogêneos) até que os nós sejam considerados suficientemente “puros” para serem considerados terminais. Desta forma, cada nó parental é dividido em dois, designados por nós descendentes, sendo o processo repetido através do tratamento de cada nó descendente gerado como um nó parental; e (iii) aplicação da técnica de *pruning* à árvore resultante para evitar o sobreajustamento (*overfitting*) dos dados ao modelo, permitindo a validação do modelo recorrendo a uma validação-cruzada (*10-fold cross-validation*), sendo utilizado o valor de parâmetro de complexidade (*cp – cost-complexity parameter*) que minimiza o erro associado à *cross-validation* (*xerror*). Quanto o valor de *cp*, maior a complexidade da árvore. Inicialmente, utilizou-se um valor de *cp* de 0,001, bem como um valor de *minspl* de 5 (que requer que o número de observações em cada nó seja 5 antes de se proceder à sua divisão), sendo os parâmetros posteriormente ajustados de forma a minimizar o erro da validação (*xerror*). As árvores obtidas devem então permitir a obtenção de modelos onde existe um compromisso adequado entre a sua complexidade e a sua interpretação (uma interpretação simples associada a um baixo erro de classificação).

As análises estatísticas foram conduzidas no *software* R (<http://CRAN.Rproject.org/>), versão 3.2.4 x64 (R Development Core Team, 2016), em ambiente RStudio, versão 0.99.902 (Racine, 2012). Para a construção dos diferentes modelos foram utilizadas as seguintes bibliotecas/funções: bibliotecas ‘rpart’, versão 4.1-10 (Therneau *et al.*, 2016), e ‘rpart.plot’, versão 2.0.1 (Milborrow, 2016), para a construção das árvores de classificação (CART); função *glm* (*Link=logit*) para as regressões logísticas (R Development Core Team, 2016).

A amostra final a considerar nos modelos (após remoção dos *missing values* nas variáveis de interesse) para a análise do investimento em eco-inovação (Q6) é composta por 3275 pequenas e médias empresas, ao passo que os modelos que analisam a adoção de eco-inovações (D5.A, D5.B e D5.C) partem de um *input* de 2679 observações. O **Apêndice A2** inclui o código R utilizado para o tratamento da base de dados.

Capítulo 4 – Difusão de eco-inovações: Resultados empíricos e discussão

A difusão de eco-inovações é analisada sob o prisma dos determinantes que motivam o investimento em eco-inovação (4.1), e dos determinantes que facilitam a adoção de eco-inovações de produto, de processo e organizacionais (4.2).

Os *drivers* (Q8) da eco-inovação são analisados tendo em conta a classificação de Horbach (2008, 2012) em *supply-side*, *demand-side* e *regulatory-side* (ver também secção 2.3, **Tabela 1**).

4.1. Determinantes do investimento em eco-inovação

A **Tabela 3** indica o resultado da regressão logística para o investimento em eco-inovação (Q6). Os resultados da regressão são cruzados com os resultados da árvore de classificação (**Figura 2**) com o intuito de evidenciar as principais interações entre as variáveis independentes com maior poder explicativo, que correspondem aos determinantes mais importantes do investimento em eco-inovação.

Tabela 3. Regressão Logit (análise univariada). Determinantes do investimento em eco-inovação (Q6).

		Investimento em eco-inovação (Q6)
Drivers (Q8) Ref.: Não importante		
Q8.A (<i>Technological capabilities</i>)	Moderadamente importante	0,1399 (0,1459)
	Muito importante	0,2826 . (0,1628)
Q8.B (Consolidar ou aumentar a quota de mercado existente)	Moderadamente importante	0,2876 . (0,1568)
	Muito importante	0,2652 . (0,1584)
Q8.C (Atual preço elevado dos materiais (como um incentivo à inovação de utilizar menos material e reduzir os custos))	Moderadamente importante	-0,1990 (0,1652)
	Muito importante	-0,0642 (0,1684)
Q8.D (Acesso limitado a materiais)	Moderadamente importante	0,1286 (0,1394)
	Muito importante	-0,0451 (0,1477)
Q8.E (Escassez	Moderadamente importante	0,1090

esperada de materiais no futuro (como um incentivo para desenvolver substitutos inovadores que requerem menor utilização de materiais))		(0,1449)
	Muito importante	0,0100 (0,1510)
Q8.F (Colaboração com institutos de investigação, agências e universidades)	Moderadamente importante	0,2653 * (0,1279)
	Muito importante	0,3372 * (0,1536)
Q8.G (Bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico)	Moderadamente importante	-0,0698 (0,1506)
	Muito importante	-0,1976 (0,1701)
Q8.H (Bons parceiros de negócio)	Moderadamente importante	0,0161 (0,1614)
	Muito importante	-0,0207 (0,1662)
Q8.I (O atual preço elevado da energia (como um incentivo à inovação de utilizar menos energia e reduzir os custos))	Moderadamente importante	0,2696 (0,1762)
	Muito importante	0,3182 . (0,1785)
Q8.J (São esperados aumentos futuros no preço da energia)	Moderadamente importante	-0,0949 (0,1828)
	Muito importante	-0,0235 (0,1846)
Q8.L (Regulamentação existente, incluindo normas)	Moderadamente importante	-0,1140 (0,1426)
	Muito importante	-0,1378 (0,1629)
Q8.M (É esperada regulamentação futura, que imponha novas normas)	Moderadamente importante	0,1330 (0,1448)
	Muito importante	0,2422 (0,1626)
Q8.N (Acesso a subsídios e incentivos fiscais existentes)	Moderadamente importante	0,1437 (0,1554)
	Muito importante	-0,2265 (0,1573)
Q8.O (Crescente procura de produtos ecológicos)	Moderadamente importante	0,3479 * (0,1406)
	Muito importante	0,4210 ** (0,1439)
D1 (Dimensão da empresa) Ref.: Pequenas empresas	Médias empresas	0,5292 *** (0,1394)
D4A (Setores) Ref.: Abastecimento de água e atividades de remediação ambiental	Agricultura	-0,0437 (0,3545)
	Construção	-0,1633

		(0,3178)
	Indústrias de baixa tecnologia industrial	-0,1889 (0,3230)
	Indústrias de média-baixa tecnologia industrial	0,1261 (0,3346)
	Indústrias de média-alta tecnologia industrial	0,0227 (0,3394)
	Indústrias de alta tecnologia industrial	0,1917 (0,4858)
	Serviços de restauração	0,0722 (0,3786)
	Outros	0,1964 (0,3460)
Países Ref.: Portugal	França	-0,8791 ** (0,3143)
	Bélgica	0,3447 (0,4007)
	Países Baixos	-0,0370 (0,3723)
	Alemanha	0,3063 (0,3635)
	Itália	0,0038 (0,3435)
	Luxemburgo	1,9439 . (1,0501)
	Dinamarca	0,0046 (0,3593)
	Irlanda	1,1249 * (0,4521)
	Reino Unido	0,3679 (0,3798)
	Grécia	-0,2314 (0,3390)
	Espanha	0,0580 (0,3262)
	Finlândia	0,2161 (0,3606)
	Suécia	-0,1622 (0,3810)
	Áustria	0,4354 (0,3753)
	Chipre	-0,1331 (0,5609)
	República Checa	0,5364 (0,3646)
	Estónia	0,5839 (0,4432)
	Hungria	-0,3203 (0,4080)
	Letónia	-0,6691 . (0,3451)
	Lituânia	-0,6314 . (0,3588)
	Malta	-0,7312 (0,7609)
	Polónia	0,9147 * (0,3588)

		(0,4136)
	Eslováquia	0,7514 . (0,4286)
	Eslovénia	-0,1298 (0,3448)
	Bulgária	-0,1988 (0,3404)
	Roménia	-0,2180 (0,3569)
Intercept		0,6792 (0,4347)
Null deviance		2869,9
Residual deviance		2671,7
AIC		2799,7
Pseudo-R2		0,0690

Nota: Erro padrão indicado entre parêntesis. Códigos de significância: ‘****’ $p < 0,001$ ‘***’ $p < 0,01$ ‘**’ $p < 0,05$ ‘.’ $p < 0,1$. Código R para a regressão logística no **Apêndice A3**.

Fonte: Elaboração própria, com base no Eurobarómetro nº 315.

De acordo com os dados apresentados na **Tabela 3**, pode verificar-se que existem *supply-side drivers* com significância estatística: como as *technological capabilities* (Q8.A), que constituem um *driver* muito importante que catalisa o investimento em eco-inovação ($p < 0,1$). Este resultado é consistente com os resultados de Triguero *et al.* (2014), que indicam que estes determinantes têm um efeito positivo e significativo, aumentando a probabilidade de as empresas investirem em eco-inovações; A colaboração com institutos de investigação, agências e universidades (driver Q8.F) também favorece o investimento em eco-inovação ($p < 0,05$). Este resultado está alinhado com os resultados discutidos noutros estudos (Cainelli *et al.*, 2011; Triguero *et al.*, 2014), que atribuem relevância aos fatores de *networking* e de transferência de conhecimento na adoção de eco-inovações; O atual preço elevado da energia (como um incentivo à inovação de utilizar menos energia e reduzir os custos) (Q8.I) constitui um determinante muito importante na decisão das empresas investirem em eco-inovação ($p < 0,1$).

Tendo em conta os resultados apresentados na **Tabela 3**, pode verificar-se que existe um *set* de *supply side drivers* que não é estatisticamente significativo para o investimento de eco-inovação, nomeadamente o atual preço elevado dos materiais (como um incentivo à inovação de utilizar menos material e reduzir os custos) (Q8.C), o mesmo acontecendo com o acesso limitado a materiais (Q8.D), a escassez esperada de

materiais no futuro (como um incentivo para desenvolver substitutos inovadores que requerem menor utilização de materiais) (Q8.E), bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico (Q8.G), bons parceiros de negócio (Q8.H) e esperados aumentos futuros no preço da energia (Q8.J). Contrariamente aos nossos resultados, Ghisetti *et al.* (2015) consideram que o bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico (Q8.G) favorecem significativamente o investimento em eco-inovação, referindo que um modo de “*open eco-innovation*” permite ultrapassar a complexidade do conhecimento necessário para proceder ao investimento em eco-inovações. No entanto, os referidos autores utilizaram outra base de dados na sua análise (dados do inquérito CIS 2008), que apenas incidiu num conjunto de 11 países da UE.

Relativamente aos **determinantes demand-side**: A consolidação ou aumento da quota de mercado existente (Q8.B) tem um impacto moderado a forte ($p < 0,1$) no estímulo do investimento em eco-inovação por parte das PME's analisadas.

A crescente procura de mercado por produtos ecológicos (Q8.O) corresponde ao driver que mais incentiva o investimento em eco-inovação ($p < 0.01$, para a categoria “muito importante”). Triguero *et al.* (2014) destacam de igual forma no seu trabalho de investigação a importância que a crescente procura por produtos ecológicos influencia positivamente o nível de eco-inovação, acrescentando que a existência de nichos de mercado que valorizam as eco-inovações aumentam a probabilidade de o investidor ser “*non-laggard*” (de acordo com a terminologia de Rogers (2003)), investindo mais de 10% do *budget* total da inovação em soluções eco-inovadoras, ao passo que Kammerer (2009) também evidencia a relação positiva e significativa entre a procura de produtos ecológicos e o investimento em eco-inovação.

Relativamente aos **determinantes de política ambiental**, os mesmos autores consideram que nenhum dos determinantes é significativo, tal como no nosso estudo, onde se pode verificar que a regulamentação existente (Q8.L), regulamentação futura (Q8.M) e acesso a subsídios e incentivos fiscais existentes (Q8.N) não fomentam o investimento em eco-inovação.

Quanto às **variáveis controlo**: verifica-se que a dimensão da empresa (D1) afeta positivamente o nível de investimento em eco-inovação. As médias empresas investem significativamente mais em eco-inovação ($p < 0,001$) do que as pequenas empresas. Os

resultados de Triguero *et al.* (2014) indicam que as médias empresas têm menor probabilidade de investir menos de 10% em eco-inovação (e portanto, de não serem *laggards*), mas acima desse nível não existe um efeito significativo da dimensão da empresa. Não há diferenças significativas entre os **setores (D4A)** quanto à sua propensão para investir em eco-inovações. Triguero *et al.* (2014) referem que o setor de abastecimento de água e outras atividades de remediação ambiental investem significativamente mais do que as indústrias de baixa tecnologia industrial. No entanto, estes autores consideraram na sua análise todas as categorias de investimento, ao passo que nesta dissertação a variável dependente investimento foi convertida em variável *dummy* (investe/não investe), o que poderá estar na origem das diferenças existentes entre os resultados. Relativamente aos efeitos observáveis para os 27 países da UE, verifica-se que o Luxemburgo, Irlanda e Eslováquia investem significativamente mais em eco-inovação do que Portugal (país referência), ao passo que a França, Letónia e Lituânia investem significativamente menos em eco-inovação do que Portugal.

A árvore de classificação para o investimento em eco-inovação representada na figura abaixo (**Figura 2**), permite observar relações e interações não visíveis nos resultados da regressão logística, complementando assim a abordagem metodológica anterior.

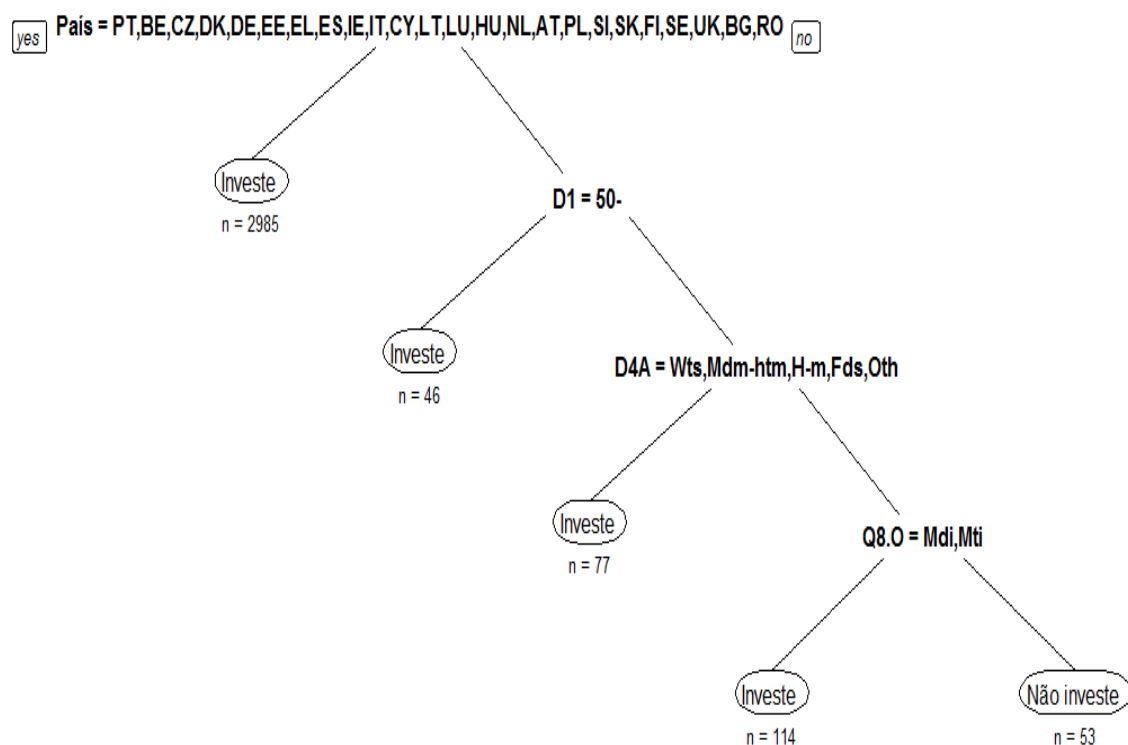


Figura 2. Árvore de Classificação (CART) para o **investimento em eco-inovação (Q6).**

Códigos das variáveis/categorias: **Países** (**PT** - Portugal; **BE** - Bélgica; **CZ** - República Checa; **DK** - Dinamarca; **DE** - Alemanha; **EE** - Estónia; **EL** - Grécia; **ES** - Espanha; **IE** - Irlanda; **IT** - Itália; **CY** - Chipre; **LT** - **Lituânia**; **LU** - Luxemburgo; **HU** - Hungria; **NL** - Países Baixos; **AT** - Áustria; **PL** - Polónia; **SI** - Eslovénia; **SK** - Eslováquia; **FI** - Finlândia; **SE** - Suécia; **UK** - Reino Unido; **BG** - Bulgária; **RO** - Roménia); **D1** - Dimensão da empresa, **50-** médias empresas; **D4A** - Setores de atividade económica (**Wts** - Abastecimento de água e atividades de remediação ambiental; **Mdm-Htm** - Indústrias de média-alta tecnologia industrial; **H-m** - Indústrias de alta tecnologia industrial; **Fds** - Serviços de restauração; **Oth** - outros setores).

Q8.O - Crescente procura de mercado de produtos ecológicos, **Mdi** - Moderadamente importante, **Mti** - Muito importante.

A decisão “Sim” (Investe em eco-inovação) ou “Não” (Não investe em eco-inovação) é o resultado da classificação. *n* representa o número de observações em cada nó associadas à respetiva classe. Parâmetros utilizados na construção da árvore: *minsplit* = 100; *cp* = 0,0019194). Código R para a construção da árvore no **Apêndice A4**.

A árvore de classificação pode ser interpretada da seguinte forma:

- Se as empresas estão localizadas num dos 22 países identificados (Portugal, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Alemanha, etc), então investem em eco-inovação ($n = 2985$);
- Se as empresas estão localizadas em países que não os identificados (são apenas 5: França, Letónia, Lituânia, Hungria e Malta), mas correspondem a médias empresas ($D1=50-$), então investem em eco-inovação ($n = 46$);
- Se as empresas estão localizadas em países que não os identificados, nem correspondem a médias empresas ($D1=50-$), mas correspondem a empresas dos setores (**D4A**) de abastecimento de água (**Wts**), indústrias de média-alta tecnologia industrial (**Mdm-Htm**), indústrias de alta tecnologia industrial (**H-m**), serviços de restauração (**Fds**), e outros serviços (**Oth**), então investem em eco-inovação ($n = 77$);
- Se as empresas estão localizadas em países que não os identificados, nem correspondem a médias empresas ($D1=50-$), nem correspondem a empresas dos setores (**D4A**) de abastecimento de água (**Wts**), indústrias de média-alta tecnologia industrial (**Mdm-htm**), indústrias de alta tecnologia industrial (**H-m**), serviços de restauração (**Fds**), e outros serviços (**Oth**), mas para quem a crescente procura de produtos ecológicos (**Q8.O**) é um fator moderadamente importante (**Mdi**) ou muito importante (**Mti**), então investem em eco-inovação ($n = 114$);

- Se as empresas estão localizadas em países que não os identificados, nem correspondem a médias empresas (D1=50-), nem correspondem a empresas dos setores (D4A) de abastecimento de água, indústrias de média-alta tecnologia industrial (Mdm-htm), indústrias de alta tecnologia industrial (H-m), serviços de restauração (Fds), e outros serviços (Oth), e para quem a crescente procura de produtos ecológicos (Q8.O) não é um fator moderadamente importante (Mdi) ou muito importante (Mti), então não investem em eco-inovação ($n = 53$);

De acordo com os resultados observados na **Figura 2**, verifica-se que a crescente procura de produtos ecológicos (Q8.O) é um *driver* importante (consistente com os resultados da regressão Logit) na promoção do investimento em eco-inovação. Apesar de não haver diferenças significativas entre os setores (D4A) na propensão para investir em eco-inovação (como evidenciado pela regressão Logit), a árvore de classificação permite considerar relações relevantes entre os setores e outras variáveis. Por exemplo: Pequenas empresas da França, Letónia, Lituânia, Hungria e Malta, apenas investem em eco-inovação se pertencerem aos setores (D4A) de abastecimento de água (Wts), indústrias de média-alta tecnologia industrial (Mdm-Htm), indústrias de alta tecnologia industrial (H-m), serviços de restauração (Fds), e outros serviços (Oth) ($n = 77$).

: pode destacar-se a importância da conjugação

da implementação e aquisição de tecnologias mais eficientes (Q5.E e Q5.D), com a implementação de alterações ao modelo de negócio (Q5.A), na explicação da adoção de produtos eco-inovadores em países como Portugal, República Checa, Alemanha, Espanha, Itália, Lituânia, Letónia, Malta, Países Baixos, Eslováquia, Finlândia, Suécia, Reino Unido e Roménia ($n = 228$).

4.2. Determinantes da adoção de eco-inovações

Na **Tabela 4** encontram-se os resultados da regressão logística que avalia os determinantes da adoção das eco-inovações de produto (D5.A), processo (D5.B) e organizacionais (D5.C).

Tabela 4. Regressões Logit (análise univariada). Determinantes da adoção das eco-inovações de produto (D5.A), processo (D5.B) e organizacionais (D5.C).

		Ecoinov. Produto (D5.A)	Ecoinov. Processo (D5.B)	Ecoinov. Organizacional (D5.C)
Q8 (Drivers) Ref.: Não importante				
Q8.A (<i>Technological capabilities</i>)	Moderadamente importante	-0,0714 (0,1562)	-0,0075 (0,1481)	0,1555 (0,1662)
	Muito importante	-0,0787 (0,1671)	0,0025 (0,1601)	0,2909 . (0,1763)
Q8.B (Consolidar ou aumentar a quota de mercado existente)	Moderadamente importante	0,3556 * (0,1753)	-0,0930 (0,1613)	0,0704 (0,1829)
	Muito importante	0,3530 * (0,1766)	0,0527 (0,1620)	0,2023 (0,1825)
Q8.C (Atual preço elevado dos materiais (como um incentivo à inovação de utilizar menos material e reduzir os custos))	Moderadamente importante	-0,0695 (0,1721)	-0,0480 (0,1646)	0,0695 (0,1852)
	Muito importante	-0,0853 (0,1712)	0,0113 (0,1640)	0,0209 (0,1833)
Q8.D (Acesso limitado a materiais)	Moderadamente importante	-0,0739 (0,1352)	-0,1728 (0,1316)	0,0319 (0,1433)
	Muito importante	-0,1503 (0,1449)	-0,0304 (0,1398)	-0,0278 (0,1504)
Q8.E (Escassez esperada de materiais no futuro (como um incentivo para desenvolver substitutos inovadores que requerem menor utilização de materiais))	Moderadamente importante	-0,1123 (0,1473)	-0,1039 (0,1403)	0,0947 (0,1549)
	Muito importante	0,0948 (0,1511)	0,0524 (0,1461)	0,2233 (0,1592)
Q8.F (Colaboração com institutos de investigação, agências e universidades)	Moderadamente importante	0,2065 . (0,1246)	0,1511 (0,1206)	0,0095 (0,1290)
	Muito importante	0,1632 (0,1446)	0,1637 (0,1405)	-0,0979 (0,1500)
Q8.G (Bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico)	Moderadamente importante	0,0010 (0,1550)	0,1639 (0,1488)	0,1017 (0,1647)
	Muito importante	-0,0295 (0,1696)	0,2515 (0,1637)	0,1093 (0,1787)
Q8.H (Bons parceiros de negócio)	Moderadamente importante	0,2382 (0,1678)	0,0231 (0,1556)	0,0864 (0,1723)
	Muito importante	0,1082 (0,1704)	-0,1409 (0,1588)	-0,0027 (0,1737)

Q8.I (O atual preço elevado da energia (como um incentivo à inovação de utilizar menos energia e reduzir os custos))	Moderadamente importante	-0,1917 (0,1963)	0,3709 . (0,1928)	0,2556 (0,2150)
	Muito importante	-0,0885 (0,1977)	0,4442 * (0,1950)	0,2216 (0,2155)
Q8.J (São esperados aumentos futuros no preço da energia)	Moderadamente importante	0,1023 (0,2024)	-0,1668 (0,1941)	-0,2082 (0,2151)
	Muito importante	0,0375 (0,2013)	-0,2026 (0,1922)	-0,0610 (0,2114)
Q8.L (Regulamentação existente, incluindo normas)	Moderadamente importante	0,1510 (0,1471)	-0,0465 (0,1377)	0,1219 (0,1542)
	Muito importante	0,3472 * (0,1615)	0,0950 (0,1532)	0,2166 (0,1690)
Q8.M (É esperada regulamentação futura, que imponha novas normas)	Moderadamente importante	-0,2466 (0,1513)	-0,1628 (0,1429)	-0,0523 (0,1601)
	Muito importante	-0,1890 (0,1642)	-0,2772 . (0,1571)	-0,1553 (0,1734)
Q8.N (Acesso a subsídios e incentivos fiscais existentes)	Moderadamente importante	-0,0370 (0,1573)	-0,0011 (0,1501)	-0,1116 (0,1655)
	Muito importante	-0,1091 (0,1587)	-0,0492 (0,1529)	-0,0896 (0,1654)
Q8.O (Crescente procura de produtos ecológicos)	Moderadamente importante	0,6032 *** (0,1588)	0,1025 (0,1421)	0,1083 (0,1580)
	Muito importante	0,9380 *** (0,1597)	0,2071 (0,1434)	0,3257 * (0,1579)
Q5 (Implementação)				
	Q5.A (Alteração do modelo de negócios)	0,6780 *** (0,1067)	0,5559 *** (0,1042)	0,6873 *** (0,1100)
	Q5.B (Melhoria do fluxo de materiais na cadeia de abastecimento)	0,2239 . (0,1157)	0,2346 * (0,1110)	0,6299 *** (0,1225)
	Q5.C (Substituição de materiais caros por uns mais baratos)	0,3031 ** (0,0995)	-0,1348 (0,0970)	0,0567 (0,1036)
	Q5.D (Aquisição de tecnologias mais eficientes)	0,3259 ** (0,1185)	0,8761 *** (0,1172)	0,3321 ** (0,1250)
	Q5.E (Desenvolvimento de tecnologias mais eficientes <i>in-house</i>)	0,6129 *** (0,1177)	0,6239 *** (0,1129)	0,4951 *** (0,1232)
	Q5.F (Subcontratação da produção ou de atividades de serviços)	-0,0596 (0,1035)	0,0801 (0,1003)	0,3329 ** (0,1060)
	Q5.G (Reciclagem)	0,3834 *** (0,1099)	0,5113 *** (0,1063)	0,5585 *** (0,1160)
D1 (Dimensão da empresa) Ref.: Pequenas empresas	Médias empresas	0,1719 (0,1146)	0,4891 *** (0,1100)	0,2389 * (0,1185)
D4A (Setores)	Agricultura	-0,7703 *	0,0119	0,5246

Ref.: Abastecimento de água e atividades de remediação ambiental		(0,3320)	(0,3185)	(0,3850)
	Construção	-0,5144 . (0,2919)	-0,6402 * (0,2870)	0,3224 (0,3540)
	Indústrias de baixa tecnologia industrial	-0,7205 * (0,2979)	-0,4425 (0,2906)	0,2280 (0,3574)
	Indústrias de média- baixa tecnologia industrial	-0,8672 ** (0,3074)	-0,4885 . (0,2965)	0,1850 (0,3643)
	Indústrias de média-alta tecnologia industrial	-0,3375 (0,3052)	-0,7767 * (0,3033)	0,2665 (0,3670)
	Indústrias de alta tecnologia industrial	-0,4514 (0,4354)	-0,0531 (0,4314)	0,0614 (0,4935)
	Serviços de restauração	-0,3976 (0,3448)	-0,4778 (0,3423)	0,7103 . (0,3990)
	Outros	-0,6326 (0,3150)	-0,5727 . (0,3088)	-0,1000 (0,3796)
Países Ref.: Portugal	França	-0,2712 (0,3230)	-0,5465 . (0,3242)	-0,1248 (0,3227)
	Bélgica	-0,2530 (0,3490)	-0,3380 (0,3476)	-0,5036 (0,3642)
	Países Baixos	-0,2477 (0,4250)	0,7908 * (0,3999)	0,2954 (0,4113)
	Alemanha	0,0144 (0,3173)	-0,3057 (0,3173)	-0,3720 (0,3247)
	Itália	0,0106 (0,3368)	-0,0608 (0,3364)	-0,0647 (0,3505)
	Luxemburgo	-0,2008 (0,4682)	-0,3598 (0,4779)	-0,1898 (0,4750)
	Dinamarca	-0,4985 (0,3535)	-0,0130 (0,3327)	-0,7700 * (0,3739)
	Irlanda	-0,7477 * (0,3174)	-0,5936 . (0,3085)	-0,7531 * (0,3154)
	Reino Unido	-0,7388 * (0,3442)	-0,7233 * (0,3352)	-0,9373 ** (0,3505)
	Grécia	-0,6137 * (0,3073)	-0,3041 (0,3002)	-0,6534 * (0,3074)
	Espanha	-0,4003 (0,3024)	-0,0565 (0,2885)	-0,0393 (0,2916)
	Finlândia	-0,5935 . (0,3399)	-0,3335 (0,3231)	-2,2170 *** (0,4664)
	Suécia	-0,1376 (0,3662)	0,4582 (0,3515)	-0,1940 (0,3741)
	Áustria	0,0640 (0,3269)	-0,0752 (0,3280)	-0,5292 (0,3427)
	Chipre	0,0460 (0,5064)	-0,9595 . (0,5547)	-1,5750 * (0,6230)
	República Checa	0,1520 (0,3407)	-0,1159 (0,3333)	0,2014 (0,3399)
	Estónia	-0,9266 * (0,4654)	-0,3876 (0,4200)	-0,8908 * (0,4505)
	Hungria	-0,8868 . (0,5004)	-1,1229 * (0,4969)	-1,2534 * (0,5553)

	Letónia	-0,3274 (0,3726)	-0,1455 (0,3532)	-0,4382 (0,3779)
	Lituânia	-0,2129 (0,3901)	-0,6780 . (0,4043)	-1,1198 * (0,4441)
	Malta	-0,7977 (Malta)	-0,5472 (0,7427)	-0,3906 (0,7375)
	Polónia	-0,3995 (0,3221)	0,5620 . (0,3103)	-0,0692 (0,3161)
	Eslováquia	-0,1192 (0,3744)	-0,6055 (0,3781)	-0,3400 (0,3781)
	Eslovénia	-0,4216 (0,3225)	-0,3020 (0,3142)	-0,6469 . (0,3306)
	Bulgária	-0,6295 . (0,3459)	-0,2717 (0,3280)	-0,4105 (0,3345)
	Roménia	-0,1101 (0,3317)	-0,3597 (0,3289)	-0,3384 (0,3343)
Intercept		-2,4263 *** (0,4378)	-2,0572 *** (0,4205)	-3,5766 *** (0,4923)
Null deviance		3069,3	3327,5	2973,4
Residual deviance		2688,2	2816,4	2503,7
AIC		2830,2	2958,4	2645,7
Pseudo-R2		0,1242	0,1536	0,1580

Nota: Erro padrão indicado entre parêntesis. Códigos de significância: ‘***’ $p < 0,001$ ‘**’ $p < 0,01$ ‘*’ $p < 0,05$ ‘.’ $p < 0,1$. Código R para a regressão logística da adoção de eco-inovação produto (D5.A) no **Apêndice A5**, eco-inovação de processo (D5.B) no **Apêndice A7** e eco-inovação organizacional (D5.C) no **Apêndice A9**.

Fonte: Elaboração própria, com base no Eurobarómetro nº 315.

De acordo com os dados relativos à adoção de eco-inovações apresentados na **Tabela 4**, pode verificar-se que existem **determinantes supply-side** com significância estatística. Relativamente à adoção de eco-inovação de produto verifica-se que a colaboração com institutos de investigação, agências e universidades (Q8.F) favorece de forma moderada a adoção de produtos eco-inovadores ($p < 0,1$). Este resultado é consistente com aqueles obtidos noutros estudos (Cainelli *et al.*, 2011; Triguero *et al.*, 2014), que atribuem relevância aos fatores de *networking* e de transferência de conhecimento na adoção de eco-inovações. Por outro lado, o envolvimento em *networking* colaborativo não é estatisticamente significativo no que diz respeito às eco-inovações de processo e às eco-inovações organizacionais, diferindo dos resultados obtidos por Triguero *et al.* (2013), que evidenciam a importância do *networking* como elemento promotor da adoção dos três tipos de eco-inovação. A diferença nos resultados poderá atribuir-se à diferente metodologia e conjunto de variáveis independentes utilizados nos dois estudos. No

entanto, futuros estudos de investigação serão potencialmente úteis para clarificar este resultado.

O atual preço elevado da energia (como um incentivo à inovação de usar menos energia e reduzir os custos) (Q8.I) constitui um determinante moderadamente a muito importante na decisão das empresas adotarem eco-inovação de processo, resultado em linha com os resultados de Triguero *et al.* (2013).

As *technological capabilities* (Q8.A) representam um *driver* muito importante que fomenta a adoção de eco-inovação organizacional ($p < 0,1$), resultado também consistente com os resultados de Horbach (2008) que demonstra que a melhoria das *technological capabilities* pela I&D fomenta a adoção de inovações ambientais, e de Triguero *et al.* (2013), que também destacam a influência positiva das *technological capabilities* na intenção de as empresas adotarem eco-inovações de processo.

Através da interpretação da **Tabela 4**, verifica-se que existe um grupo de *supply-side drivers* que não é estatisticamente significativo para nenhum dos três tipos de eco-inovação, nomeadamente o atual preço elevado dos materiais (como um incentivo à inovação de usar menos material e reduzir os custos) (Q8.C), o mesmo acontecendo com o acesso limitado a materiais (Q8.D), a escassez esperada de materiais no futuro (como um incentivo para desenvolver substitutos inovadores que requerem menor utilização de materiais) (Q8.E), bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico (Q8.G), bons parceiros de negócio (Q8.H) e esperados aumentos futuros no preço da energia (Q8.J). No entanto, e contrariamente aos nossos resultados, Triguero *et al.* (2013) indicam que o bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico (Q8.G) estão positivamente correlacionados com a probabilidade de adoção de eco-inovações de processo e eco-inovações organizacionais. Esta questão deverá então ser explorada em investigações futuras.

Considerando os **determinantes demand-side**, verifica-se que a consolidação ou aumento da quota de mercado existente (driver Q8.B) tem um impacto moderado a muito importante no estímulo da adoção de eco-produtos ($p < 0,05$), resultados similares aos de Cleff e Rennings (1999) e de Triguero *et al.* (2013), embora estes últimos autores também considerem que a quota de mercado também influencia positivamente a adoção de eco-inovações organizacionais.

A crescente procura de mercado por produtos ecológicos (Q8.O) corresponde ao *driver* (Q8) que mais incentiva a adoção de produtos eco-inovadores ($p < 0,001$), sendo também muito importante no incentivo à adoção de eco-inovações organizacionais ($p < 0,05$). Estes resultados estão em linha com os discutidos noutros estudos (Kammerer, 2009; Triguero *et al.*, 2013).

Quanto aos fatores relativos à política ambiental, verifica-se que a regulamentação existente, incluindo normas (Q8.L) é um fator muito importante, favorecendo a adoção de produto ($p < 0,05$), à semelhança dos resultados de Triguero *et al.* (2013), embora estes autores considerem ainda a regulamentação existente muito importante na adoção de eco-inovação organizacional.

Existe um forte receio dos empreendedores pela regulamentação futura (Q8.M), que pode agir como um travão sobre a adoção de eco-inovações de processo (coeficiente negativo e $p < 0,1$). O acesso a subsídios e incentivos fiscais existentes (Q8.N) não fomentam a adoção de eco-inovação de nenhum dos três tipos. Estes dois *drivers* (Q8.M e Q8.N) não têm um efeito significativo na adoção de eco-inovações no estudo de Triguero *et al.* (2013), o que traz importantes implicações políticas (ver capítulo 5, secção 5.1).

Os resultados indicados na **Tabela 4** evidenciam também a relevância da **implementação de alterações** (Q5) na adoção de eco-inovações. A implementação de alterações ao modelo de negócios está fortemente correlacionada com a adoção de eco-inovações de produto, processo e organizacionais ($p < 0,001$). Este resultado é condizente com o que a literatura relevante descreve. A adoção e difusão de inovações depende de inúmeros fatores, entre os quais se pode destacar o suporte providenciado por modelos de negócio efetivos e apropriados para o aumento do sucesso das inovações tecnológicas (Boons *et al.*, 2013; Teece, 2010). A inovação dos modelos de negócio tem sido identificada como um componente crucial na transição para um futuro sustentável. O modelo de negócio permite que as eco-inovações alcancem o mercado, promovendo dessa forma a sua difusão (OCDE, 2012). De acordo com Osterwalder *et al.* (2010), “o modelo de negócio descreve o racional de como uma organização, cria, entrega e captura valor económico, social e outras formas de valores”. Assim, para uma empresa ser bem-sucedida deve combinar os seguintes elementos no seu modelo de negócio: **(i)** a proposta de valor, **(ii)** a configuração da criação de valor, incluindo as

interações da organização com os seus clientes e fornecedores, e (iii) o modelo de receita, que traduz a forma como custos e benefícios se encontram divididos pelos diferentes agentes económicos dentro de um sistema (Boons *et al.*, 2013).

O desenvolvimento e a aquisição de tecnologias mais eficientes (Q5.E e Q5.D, respetivamente) e a implementação de práticas de reciclagem (Q5.G) nos últimos cinco anos condiciona positivamente a adoção dos três tipos de eco-inovação nos últimos dois anos. Urge neste momento estabelecer uma ligação à teoria da difusão de inovações (*e.g.*, Rogers, 2003), podendo avaliar-se fatores intrínsecos à inovação como a compatibilidade e complexidade (já mencionados e descritos na **secção 2.4.1**). A facilidade/celeridade com que as eco-inovações de produto, processo ou organizacionais são adotadas num momento mais recente (últimos dois anos) pode ser potencialmente explicada pela elevada compatibilidade das atuais práticas e sistemas de valores das empresas com as práticas necessárias para a adoção das eco-inovações atuais. A compatibilidade com a estratégia implícita no modelo de negócio (Q5.A) demonstra que não houve uma necessidade de reconfiguração da arquitetura tecnológica, práticas correntes, dos sistemas culturais e dos valores das organizações, nem tão pouco a necessidade de reestruturação da cadeia de valor (*e.g.*, um modelo de negócios desajustado poderia alterar relações com os clientes e fornecedores). A velocidade da difusão depende da compatibilidade da inovação com os processos de produção e práticas existentes, sendo importante avaliar a necessidade de substituição de equipamentos/tecnologias, bem como a necessidade de aquisição de novas competências (Kemp e Volpi, 2008). Schultz e Slevin (1975) consideram que as inovações tecnológicas requerem uma validação tecnológica (compatibilidade da tecnologia com os sistemas tecnológicos existentes) e organizacional (compatibilidade da tecnologia com atitudes e sistemas de valores existentes).

A complexidade da eco-inovação não representa um entrave à sua adoção, uma vez que as tecnologias implementadas nos últimos cinco anos levaram as empresas adquirir um conjunto de competências e a *expertise* necessários para adotar as eco-inovações num momento mais recente sem grandes dificuldades. Como as tecnologias adotadas não requerem um conhecimento especializado novo, é potencialmente eliminada ou diminuída a necessidade de um tempo e de um esforço de aprendizagem acrescidos para adotar as eco-inovações, sendo consequentemente diminuída a hipótese de rejeição da

inovação. A avaliação da nova tecnologia a adotar (e do alinhamento desta com o sistema tecnológico existente) pode ser efetuada internamente pela organização (experimentação e recolha de informação), através de serviços externos de consultoria, ou através da observação das experiências de terceiros (Kemp e Volpi, 2008; Rogers, 2003). Tendo em conta os resultados obtidos na presente dissertação, e em linha com a teoria da difusão das inovações (*e.g.*, Rogers, 2003), a difusão de eco-inovações com elevada compatibilidade e baixa complexidade é potencialmente mais rápida.

Relativamente a outros determinantes da implementação, verifica-se que: a melhoria do fluxo de materiais na cadeia de abastecimento (Q5.B) é estatisticamente significativa para os três tipos de adoção, mas mais importante na adoção de eco-inovações organizacionais; a substituição de materiais caros por uns mais baratos (Q5.C) apenas influencia positivamente a adoção de eco-inovações de produto; ao passo que a subcontratação da produção ou de atividades de serviços (Q5.F) é apenas estatisticamente significativa para a adoção de eco-inovações organizacionais.

No que concerne às **variáveis controlo**: verifica-se que a **dimensão da empresa (D1)** não é estatisticamente significativa na propensão das empresas adotarem eco-inovações de produto, mas afeta positivamente o nível de adoção eco-inovações de processo ($p < 0,001$) e das eco-inovações organizacionais, que é significativamente superior nas médias empresas ($p < 0,005$). Triguero *et al.* (2013) consideram que as médias empresas adotam significativamente mais eco-inovações dos três tipos quando comparadas com as pequenas empresas. Melnyk *et al.* (2003) referem que a dimensão da empresa tem um efeito positivo nas atividades eco-inovadoras em geral. Outros estudos indicam que o efeito da dimensão da empresa na atividade eco-inovadora da empresa é indeterminado sob uma perspetiva teórica (Horbach, 2008); Considerando os efeitos específicos potencialmente atribuíveis aos **setores (D4A)**, verifica-se que empresas com atividades agrícolas, atividades ligadas à construção e indústrias transformadoras de baixa tecnologia industrial ou de média-baixa tecnologia industrial, bem como outros setores (não especificados) apresentam uma menor propensão à adoção de produtos eco-inovadores quando comparados com as empresas de fornecimento de água e com atividades ambientais e de remediação (setor de referência); Empresas com atividades ligadas à construção e indústrias transformadoras de média-baixa tecnologia industrial e indústrias de média-alta tecnologia industrial apresentam menor propensão à adoção de

processos eco-inovadores do que as empresas de fornecimento de água e com atividades ambientais e de remediação. Apenas as empresas de serviços de restauração apresentam maior propensão à adoção de eco-inovação organizacional do que as empresas de fornecimento de água e com atividades ambientais e de remediação.

Avaliando os efeitos atribuíveis aos diferentes **países**, verifica-se que: a Irlanda, Reino Unido, Grécia, Finlândia, Estónia, Hungria e Bulgária têm menor probabilidade de adotar inovações de produto com benefícios ambientais, quando comparados com Portugal (país referência). Apenas os Países Baixos e Polónia têm maior probabilidade de adotar eco-inovações de processo, ao passo que países como a França, Irlanda, Reino Unido, Chipre, Hungria e Lituânia têm menor probabilidade de adotar inovações de processo com benefícios ambientais. Países como a Dinamarca, Irlanda, Reino Unido, Grécia, Finlândia, Chipre, Estónia, Hungria, Lituânia e Eslovénia têm menor probabilidade de adotar eco-inovações organizacionais, quando comparados com Portugal. A elevada incidência de eco-inovação de produto e de eco-inovação organizacional em Portugal é algo surpreendente e que contrasta com a performance global de eco-inovação do país. Como visto na **secção 2.5**, Portugal integra o grupo de países com performance média em eco inovação/"*Average EI performers*" (Eco-IS, 2017). É necessária uma investigação futura que aprofunde a análise deste resultado. A árvore de classificação para a adoção de eco-inovação de produto (D5.A) encontra-se representada na **Figura 3**.

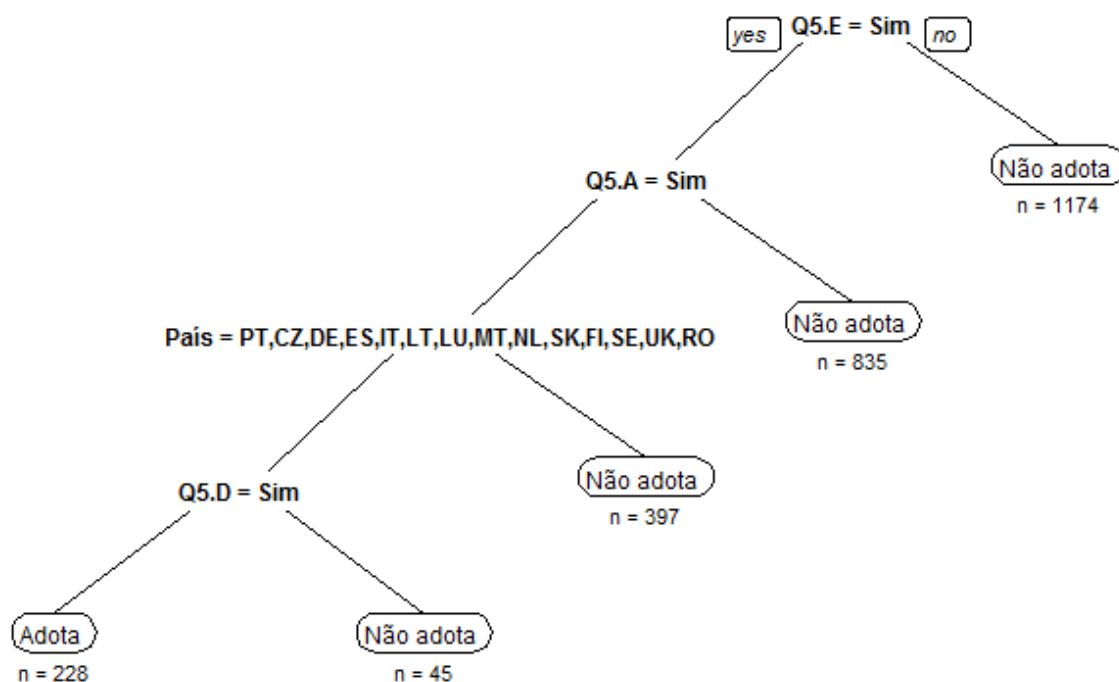


Figura 3. Árvore de Classificação (CART) para a **adoção de eco-inovação de produto (D5.A)**.
Códigos das variáveis/categorias: **Q5.E** – Implementação de tecnologias mais eficientes desenvolvidas *in-house*; **Q5.A** – Alteração do modelo de negócios; **Países** (**PT** - Portugal; **CZ** - República Checa; **DE** - Alemanha; **ES** - Espanha; **IT** - Itália; **LT** - Lituânia; **LU** - Luxemburgo; **MT** - Malta; **NL** - Países Baixos; **SK** - Eslováquia; **FI** - Finlândia; **SE** - Suécia; **UK** - Reino Unido; **RO** - Roménia). A decisão “Sim” (Adota eco-inovação de produto) ou “Não” (Não adota eco-inovação de produto) é o resultado da classificação. *n* representa o número de observações em cada nó associadas à respetiva classe. Parâmetros utilizados na construção da árvore: *minsplit* = 50; *cp* = 0,0079023). Código R para a construção da árvore no **Apêndice A6**.

De acordo com os resultados observados (**Figura 3**), pode destacar-se a importância da conjugação da implementação e aquisição de tecnologias mais eficientes (Q5.E e Q5.D), com a implementação de alterações ao modelo de negócio (Q5.A), na explicação da adoção de produtos eco-inovadores em países como Portugal, República Checa, Alemanha, Espanha, Itália, Lituânia, Letónia, Malta, Países Baixos, Eslováquia, Finlândia, Suécia, Reino Unido e Roménia (*n* = 228).

A árvore de classificação para a adoção de eco-inovação de processo (D5.B) encontra-se representada na **Figura 4**.

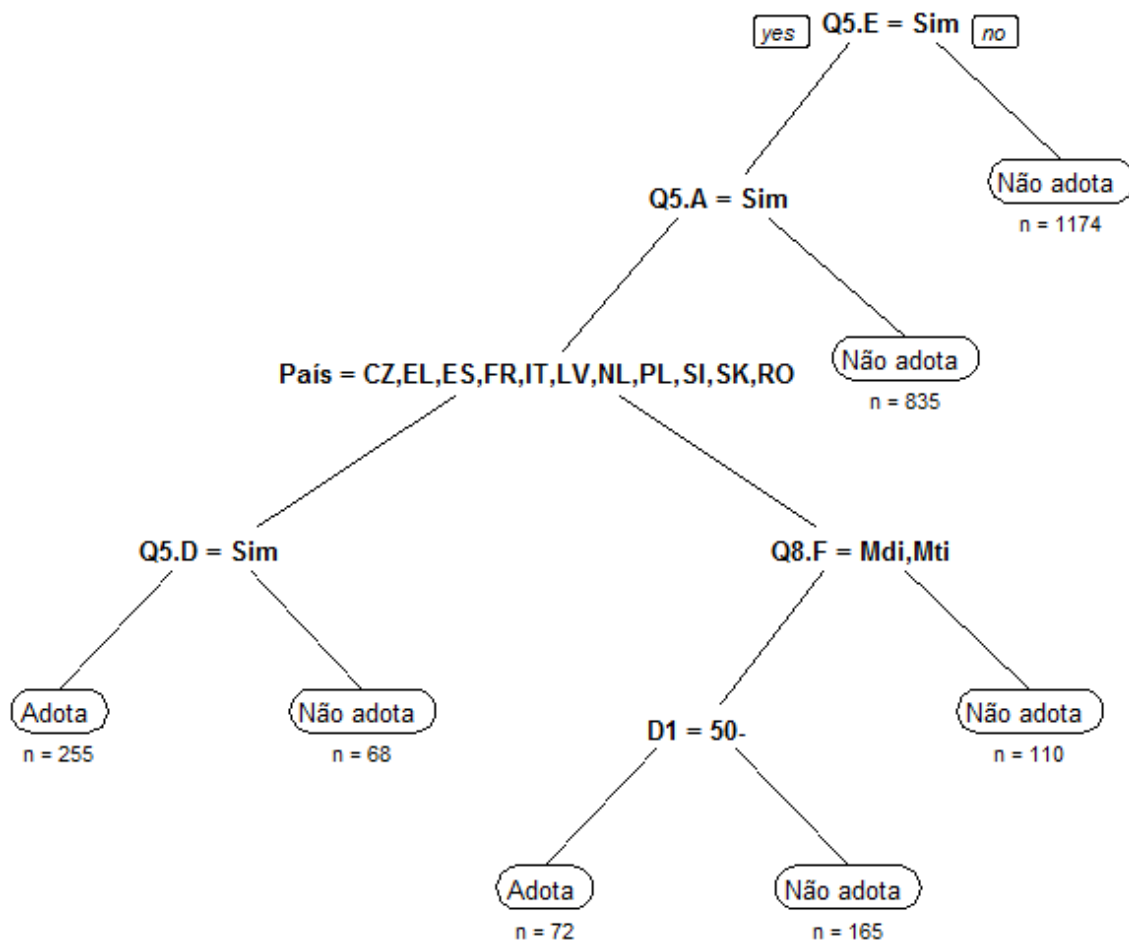


Figura 4. Árvore de Classificação (CART) para a **adoção de eco-inovação de processo (D5.B)**.
 Códigos das variáveis/categorias: **Q5.E** - Implementação de tecnologias mais eficientes desenvolvidas *in-house*; **Q5.A** - Alteração do modelo de negócios; **Países** (**CZ** - República Checa; **EL** - Grécia; **ES** - Espanha; **FR** - França; **IT** - Itália; **LV** - Letónia; **NL** - Países Baixos; **PL** - Polónia; **SI** - Eslovénia; **SK** - Eslováquia; **RO** - Roménia); **Q5.D** - Aquisição de tecnologias mais eficientes; **Q8.F** - Colaboração com institutos de investigação, agências e universidades; **Mdi** - Moderadamente importante, **Mti** - Muito importante; **D1** - Dimensão da empresa, **50-** médias empresas.
 A decisão “Sim” (Adota eco-inovação de processo) ou “Não” (Não adota eco-inovação de processo) é o resultado da classificação. *n* representa o número de observações em cada nó associadas à respetiva classe. Parâmetros utilizados na construção da árvore: *minsplit* = 50; *cp* = 0,0089606). Código R para a construção da árvore no **Apêndice A8**.

A árvore de classificação representada na **Figura 4** evidencia a importância da conjugação da implementação e aquisição de tecnologias mais eficientes (Q5.E e Q5.D), com a implementação de alterações ao modelo de negócio (Q5.A) na explicação da adoção de processos eco-inovadores nos países identificados (República Checa, Espanha, Itália, Países Baixos, etc) (*n* = 255). No entanto, médias empresas (50-) que não constem nesse grupo de países podem adotar eco-inovações de processo, se para além de implementarem tecnologias mais eficientes desenvolvidas *in-house* (Q5.E),

procederem a alterações ao modelo de negócio (Q5.A) e estiverem também envolvidas em redes colaborativas com institutos de investigação e universidades (Q8.F) ($n = 72$). Este último resultado corresponde a uma interação não visível na regressão logística (uma vez que aí o *driver* Q8.F não é estatisticamente significativo para a adoção de processo).

Através da análise da árvore de classificação representada na **Figura 5**, verifica-se que se as empresas que implementam de alterações ao modelo de negócio (Q5.A), estão localizadas num dos países identificados, implementam tecnologias mais eficientes desenvolvidas *in-house* (Q5.E) e possuem *technological capabilities* (Q8.A) apropriadas, então adotam eco-inovações organizacionais ($n = 226$).

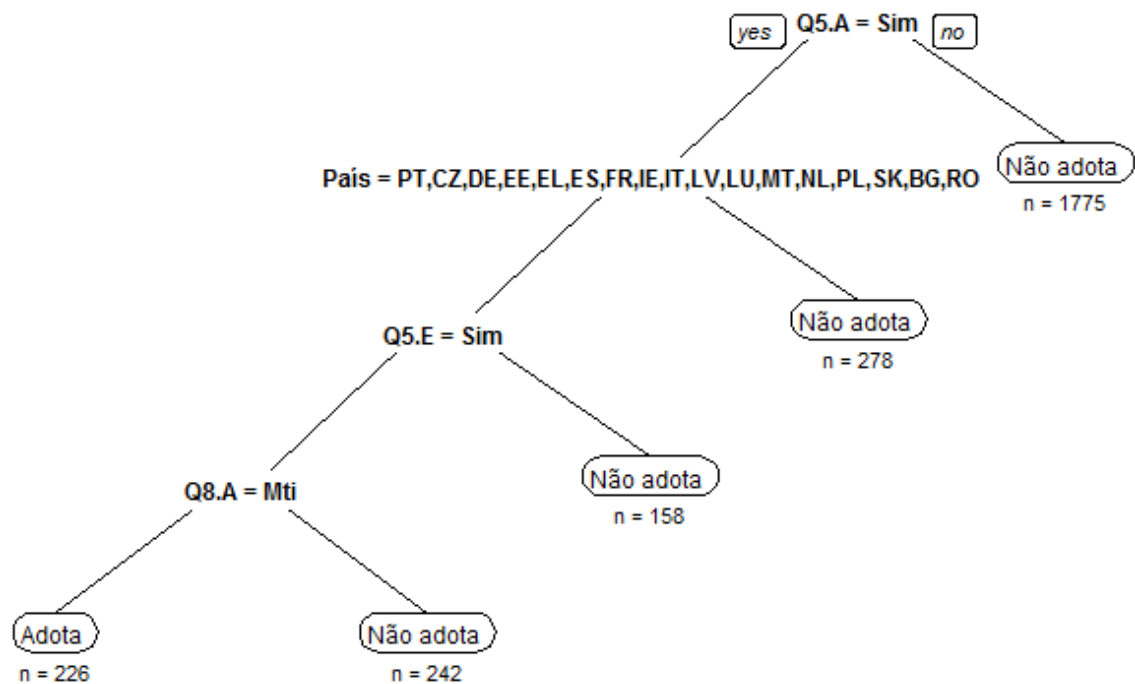


Figura 5. Árvore de Classificação (CART) para a **adoção de eco-inovação organizacional (D5.C)**.

Códigos das variáveis/categorias: **Q5.A** – Alteração do modelo de negócios; **Países** (PT - Portugal; CZ - República Checa; DE - Alemanha; EE - Estónia; EL - Grécia; ES - Espanha; FR - França; IE - Irlanda; IT - Itália; LV - Letónia; LU - Luxemburgo; MT - Malta; NL - Países Baixos; PL - Polónia; SK - Eslováquia; BG - Bulgária; RO - Roménia); **Q5.E** - Implementação de tecnologias mais eficientes desenvolvidas *in-house*; **Q8.A** - *Technological capabilities*; **Mti** - Muito importante; **D1** - Dimensão da empresa, **50**- médias empresas.

A decisão “Sim” (Adota eco-inovação organizacional) ou “Não” (Não adota eco-inovação organizacional) é o resultado da classificação. n representa o número de observações em cada nó associadas à respetiva classe. Parâmetros utilizados na construção da árvore: $minspl$ = 350; cp = 0,001). Código R para a construção da árvore no **Apêndice A10**.

De forma geral, a análise das árvores de classificação da adoção dos três tipos de eco-inovação (produto, processo e organizacional) evidencia a extrema relevância da implementação de alterações ao modelo de negócio e da implementação de tecnologias mais eficientes desenvolvidas *in-house* no estímulo à adoção dos três tipos de eco-inovação.

Capítulo 5 – Principais conclusões e linhas futuras de investigação

5.1. Contribuições objetivas e implicações de política pública

A eco-inovação é um objetivo nuclear das recentes estratégias e políticas promovidas pela UE, e dado que algumas eco-inovações já se encontram numa fase de maturidade avançada, é premente a necessidade do estudo e compreensão dos seus processos de difusão (Karakaya *et al.*, 2014). Desta forma, o presente trabalho de investigação visa a análise dos principais determinantes do investimento e da adoção de eco-inovações (de produto, processo, e organizacionais), com base em dados do Eurobarómetro nº 315, que é uma importante fonte de informação nesta matéria, indicando os principais determinantes das eco-inovações numa amostra de PME's de 27 países membros da UE. Combinando duas abordagens metodológicas distintas (regressão logística e árvores de decisão) foram identificados os determinantes com maior impacto no investimento e adoção de eco-inovações, bem como as principais interações entre os mesmos, e as diferenças observadas entre setores, países e o efeito da dimensão da empresa.

Assim, verificou-se que os investimentos em eco-inovação não foram significativamente diferentes entre setores, no entanto os setores de abastecimento de água e outras atividades de remediação ambiental são os que apresentam maior propensão a adotar eco-inovações de produto e de processo, ao passo que os serviços de restauração adotam significativamente mais eco-inovações organizacionais. No que concerne às diferenças entre países, os dados são algo surpreendentes, uma vez que nenhum país adota significativamente mais eco-inovações de produto e organizacionais do que Portugal, que é considerado um país com performance dentro da média da UE em termos de eco-inovação. É necessário aprofundar o estudo para encontrar uma explicação clara para este resultado.

Considerando o efeito potencialmente atribuível à dimensão da empresa, os resultados indicam que as médias empresas investem e adotam significativamente mais do que as pequenas empresas, com exceção da adoção de produto, onde as diferenças não são assinaláveis. Este resultado tem implicações ao nível da gestão e das políticas públicas, uma vez que a escassez de recursos (financeiros e outros) é mais vincada nas pequenas empresas, travando o investimento e adoção de eco-inovações (Triguero *et al.*, 2014).

O presente estudo avaliou também a forma como a implementação de alterações nas empresas nos últimos cinco anos (*e.g.*, implementação de tecnologias mais eficientes, ou alterações ao modelo de negócios) impactou positivamente a adoção de eco-inovações num período mais recente (últimos dois anos), permitindo efetuar um paralelismo com as características das tecnologias/inovações (*e.g.*, compatibilidade e complexidade) que Rogers (2003) e outros autores consideram relevantes no processo de difusão de inovações. Os resultados deste estudo evidenciam que existe uma potencial compatibilidade entre as práticas e o conhecimento mais recentes que permitiram adotar tecnologias eco-inovadoras, com as práticas e o conhecimento que foram introduzidos por implementação de tecnologias mais eficientes há mais tempo (como não é necessário um incremento do nível da *expertise* e de um tempo extra para compreender a tecnologia a adotar, esta é percebida como pouco complexa). A compatibilidade com a estratégia implícita no modelo de negócio (relações com clientes e fornecedores, etc.) é igualmente um elemento facilitador da difusão da eco-inovação. Um estudo da OCDE (2012) refere que os modelos de negócio podem constituir importantes *enablers* de mudanças sistémicas e transformativas (modelos de negócio inovadores permitem às empresas reconfigurar as suas cadeias de valor, gerar novas relações produtor-consumidor e até alterar as práticas dos utilizadores), facilitando a difusão de eco-inovações radicais e sistémicas. Como tal, os agentes políticos devem proceder ao desenho adequado de um *mix* de políticas públicas que considerem o potencial dos modelos de negócio como elementos facilitadores da difusão de eco-inovações, providenciando o suporte necessário a componentes específicos dos mesmos que possam fortalecer a capacidade eco-inovadora das empresas. De acordo com Fichter e Clausen (2016), as eco-inovações radicais devem beneficiar de fundos para a I&D mais avultados, uma vez que estas inovações pressupõem mudanças assinaláveis dos comportamentos e rotinas das organizações.

Os resultados desta dissertação também consideraram a ação de diferentes *drivers supply-side*, *demand-side* e de regulação/política ambiental (à semelhança de Horbach, 2008) no fomento da atividade eco-inovadora das empresas. As *technological capabilities* são drivers importantes para o investimento em eco-inovações e para adoção de eco-inovações de processo. Os *drivers demand-side* (crescente procura de produtos ecológicos) são importantes na fase de investimento, bem como na fase da

adoção de produtos eco-inovadores e eco-inovações organizacionais. A colaboração com universidades e institutos de investigação e agências promove significativamente o investimento em eco-inovação e a adoção de processos eco-inovadores. Daqui surgem novas implicações para os gestores e para os agentes políticos. Os gestores devem considerar estas redes colaborativas para potenciar a sua estratégia de inovação ambiental (Triguero *et al.*, 2013) ao passo que os agentes políticos devem promover a criação das referidas redes (*e.g.*, através das parcerias europeias de inovação incluídas no programa EcoAP).

No que diz respeito aos aspetos de regulação/política ambiental, verifica-se uma falta de eficiência das regulações correntes e futuras (apenas fomentam a adoção de eco-inovações de produto). O acesso a subsídios e incentivos fiscais é também ineficiente. Urge a necessidade de modificar o quadro regulatório, introduzindo uma maior rigidez regulatória e implementando medidas (*e.g.*, dentro da Estratégia Europa 2020) que promovam a adoção de inovações sustentáveis (Triguero *et al.*, 2013, Triguero *et al.*, 2014).

5.2. Limitações do estudo e linhas futuras de investigação

Os resultados obtidos no presente estudo apresentam algumas limitações, essencialmente inerentes à natureza da base de dados utilizada na investigação, no entanto as referidas limitações constituem pontos de partida potencialmente relevantes para investigação futura.

Algumas das limitações a destacar são: **(i)** A variável investimento em eco-inovação é uma medida relativa, uma vez que este investimento é considerado em relação às despesas totais de inovação, logo apenas existe a indicação da orientação das empresas para as práticas eco-inovadoras, mas não dos volumes de investimento em eco-inovação (Marin *et al.*, 2015); **(ii)** Limitações associadas à variável adoção, uma vez que não permite avaliar a taxa e grau da adoção de eco-inovações, pois não indica o número e relevância das eco-inovações que são adotadas; **(iii)** a base de dados é *cross-sectional*, não permitindo uma análise longitudinal. A inclusão de dados em painel (*panel data*) possibilitaria analisar a difusão da eco-inovação ao longo do tempo, permitindo avaliar fatores de heterogeneidade específicos de cada organização, como a estratégia da inovação, que possam também eles ser importantes na explicação do processo de

difusão das eco-inovações; **(iv)** O presente estudo possui também limitações relacionadas com a natureza dos resultados obtidos, que por vezes contrastam com aqueles apresentados por outros autores. Por exemplo: contrariamente aos nossos resultados, Triguero *et al.* (2013) (que também utilizam dados provenientes do Eurobarómetro nº 315) referem que o bom acesso a informação e conhecimentos externos, incluindo serviços de suporte tecnológico impactam positivamente a adoção de eco-inovações de processo e eco-inovações organizacionais, e evidenciam a importância do *networking* como elemento promotor da adoção dos três tipos de eco-inovação. Estas diferenças entre os resultados poderão dever-se potencialmente à dimensão da amostra de empresas que é analisada, a diferentes metodologias seguidas pelos autores, ou à escolha de diferentes conjuntos de variáveis explicativas. Questões desta natureza deverão então ser exploradas em investigações futuras, que possibilitem clarificar de que forma estes determinantes promovem a adoção e difusão de diferentes tipos de eco-inovações.

Referências

- Arundel, A. e R. Kemp (2009), "Measuring eco-innovation", Working Paper Series-017, UNU-MERIT.
- Ashford, N. (1993), "Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications for Government Policy", in *Environmental Strategies for Industry: International Perspectives on Research Needs and Policy Implications*, K. Fischer and J. Schot (eds.), Island Press: Washington, DC, pp. 277-307.
- Atkinson, E. J., T. M. Therneau (2000), An introduction to recursive partitioning using the RPART routines, Mayo Foundation: Rochester.
- Beise, M. e K. Rennings (2003), "Lead Markets of Environmental Innovations: A Framework for Innovation and Environmental Economics", Working paper no. 03-01, ZEW Centre for European Economic Research.
- Bleischwitz, R., B. Bahn-Walkowiak, W. Irrek, P. Schepelmann, F. Schmidt-Bleek, S. Giljum, . . . E. Hawkins (2009), "*Eco-innovation-putting the EU on the path to a resource and energy efficient economy*", no. 38, Wuppertal Spezial, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie.
- Boons, F., C. Montalvo, J. Quist e M. Wagner (2013), "Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 45, pp. 1-8.
- Breiman, L., J. Friedman, C. J. Stone e R. A. Olshen (1984), *Classification and regression trees*, CRC press.
- Cainelli, G. e M. Mazzanti (2013), "Environmental innovations in services: Manufacturing–services integration and policy transmissions", *Research Policy*, Vol. 42, Nº 9, pp. 1595-1604.
- Cainelli, G., M. Mazzanti e S. Montresor (2012), "Environmental innovations, local networks and internationalization", *Industry and Innovation*, Vol. 19, Nº 8, pp. 697-734.
- Carrillo-Hermosilla, J., P. del Río e T. Könnölä (2010), "Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, Nº 10-11, pp. 1073-1083.

- Cawsey, D. C. (1996), "Influencing the Future Through Innovations in Environmental Engineering Education", *European Journal of Engineering Education*, Vol. 21, Nº 4, pp. 393-402.
- CIS 2008, *Community Innovation Survey 2006-2008*, http://ec.europa.eu/eurostat/documents/203647/203701/CIS_Survey_form_2008.pdf/e06a4c11-7535-4003-8e00-143228e1b308, acessado em 7 Janeiro 2016.
- Cleff, T. e K. Rennings (1999), "Determinants of environmental product and process innovation", *Environmental Policy and Governance*, Vol. 9, Nº 5, pp. 191-201.
- Comissão Europeia (2011), "Innovation for a sustainable Future - The Eco-innovation Action Plan (Eco-AP)", Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM (2011) 899 final.
- Dangelico, R. M. e D. Pujari (2010), "Mainstreaming green product innovation: Why and how companies integrate environmental sustainability", *Journal of Business Ethics*, Vol. 95, Nº 3, pp. 471-486.
- De Marchi, V. (2012), "Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms", *Research Policy*, Vol. 41, Nº 3, pp. 614-623.
- del Río, P. (2005), "Analysing the factors influencing clean technology adoption: a study of the Spanish pulp and paper industry", *Business Strategy and the Environment*, Vol. 14, Nº 1, pp. 20-37.
- del Río, P. (2009), "The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: A research agenda", *Ecological Economics*, Vol. 68, Nº 3, pp. 861-878.
- del Río, P., C. Peñasco e D. Romero-Jordán (2016), "What drives eco-innovators? A critical review of the empirical literature based on econometric methods", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 122, pp. 2158-2170.
- Díaz-García, C., Á. González-Moreno e F. J. Sáez-Martínez (2015), "Eco-innovation: insights from a literature review", *Innovation*, Vol. 17, Nº 1, pp. 6-23.
- Diaz-Rainey, I. (2009), *Induced diffusion: definition, review and suggestions for further research*, <http://ssrn.com/abstract=1339869>, acessado em 17 Novembro 2015.

- Eco-Innovation Observatory (2011), *The Eco-Innovation Challenge: Pathways to a resource efficient Europe*, www.eurosfair.prd.fr/7pc/doc/1308928736_eco_report_2011.pdf, acessado em 13 janeiro 2016.
- Eco-Innovation Observatory (2015), <http://www.eco-innovation.eu/>, acessado em 29 Dezembro 2015.
- Eco-IS - Eco-Innovation Scoreboard (2017), https://ec.europa.eu/environment/ecoap/scoreboard_en, acessado em 20 Maio 2017.
- Eurobarometer Survey (2011), *Attitudes of European Entrepreneurs towards Eco-innovation. Flash Eurobarometer 315*, http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_315_en.pdf, acessado em 13 Janeiro 2016.
- Eurostat European Commission (2013), *Eurostat Metadata*, <http://ec.europa.eu/eurostat/data/metadata>, acessado em 16 Dezembro 2015.
- Eurostat (2016), *Indicators on High-tech industry and Knowledge – intensive services*, http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/htec_esms_an3.pdf, acessado em 20 janeiro 2017.
- Fichter, K., e J. (2016), "Diffusion Dynamics of Sustainable Innovation-Insights on Diffusion Patterns Based on the Analysis of 100 Sustainable Product and Service Innovations", *Journal of Innovation Management*, Vol. 4, Nº 2, pp. 30-67.
- Florida, R., e D. Davison (2001), "Gaining from green management: environmental management systems inside and outside the factory", *California Management Review*, Vol. 43, Nº 3, pp. 63-84.
- Freeman, C., e L. Soete (1987), *Technical change and full employment*. Wiley-Blackwell.
- Fronzel, M., J. Horbach e K. Rennings (2008), "What triggers environmental management and innovation? Empirical evidence for Germany", *Ecological Economics*, Vol. 66, Nº 1, pp. 153-160.
- Fussler, C. e T. James (1997), *Driving Eco-innovation: A breakthrough discipline for innovation and sustainability*, Pitman publishing: London.

- Geroski, P. A. (2000), "Models of technology diffusion", *Research Policy*, Vol. 29, N° 4-5, pp. 603-625.
- Ghisetti, C., A. Marzocchi e S. Montresor (2015), "The open eco-innovation mode. An empirical investigation of eleven European countries", *Research Policy*, Vol. 44, N° 5, pp. 1080-1093.
- Hellström, T. (2007), "Dimensions of environmentally sustainable innovation: the structure of eco-innovation concepts", *Sustainable Development*, Vol. 15, N° 3, pp. 148-159.
- Henderson, R. M., K. B. Clark (1990), "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms", *Administrative science quarterly*, pp. 9-30.
- Hojnik, J. e M. Ruzzier. (2016), "What drives eco-innovation? A review of an emerging literature", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 19, pp. 31-41.
- Horbach, J. (2008), "Determinants of environmental innovation—New evidence from German panel data sources", *Research Policy*, Vol. 37, N° 1, pp. 163-173.
- Horbach, J. (2014), "Determinants of eco-innovation from a European-wide Perspective—an analysis based on the Community Innovation Survey (CIS)". SEEDS Working Paper, 7, 2014.
- Horbach, J., C. Rammer e K. Rennings (2012), "Determinants of eco-innovations by type of environmental impact — The role of regulatory push/pull, technology push and market pull", *Ecological Economics*, Vol. 78, pp. 112-122.
- Jaffe, A. B., R. G. Newell e R. N. Stavins (2005), "A tale of two market failures: Technology and environmental policy", *Ecological Economics*, Vol. 54, N° 2-3, pp. 164-174.
- Kammerer, D. (2009), "The effects of customer benefit and regulation on environmental product innovation. Empirical evidence from appliance manufacturers in Germany", *Ecological Economics*, Vol. 68, N° 8, pp. 2285–2295.
- Karakaya, E., A. Hidalgo e C. Nuur (2014), "Diffusion of eco-innovations: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 33, pp. 392-399.

- Karakaya, E., A. Hidalgo e C. Nuur (2015), "Motivators for adoption of photovoltaic systems at grid parity: A case study from Southern Germany", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 43, pp. 1090-1098.
- Kemp, R., (2011), "Ten themes for eco-innovation policies in Europe", *S.A.P.I.EN.S.*, Vol. 4, N° 2, pp. 1-20.
- Kemp, R. e A. Arundel (1998), *Survey indicators for environmental innovation*, IDEA Paper Series, 8, 1998.
- Kemp, R. e M. Volpi (2008), "The diffusion of clean technologies: a review with suggestions for future diffusion analysis", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16, N° 1 (1), pp. S14-S21.
- Kemp, R. e P. Pearson (2007), "Final report MEI project about measuring eco-innovation", UM Merit, Maastricht.
- Kemp, R. e S. Pontoglio (2011), "The innovation effects of environmental policy instruments — A typical case of the blind men and the elephant?", *Ecological Economics*, Vol. 72, pp. 28-36.
- Kemp, R. e T. Foxon (2007), "Typology of eco-innovation", *Project Paper: Measuring Eco-Innovation*, pp. 1-24.
- Lettner, G. e H. Auer (2012), "Realistic roadmap to PV grid parity for all target countries", In: *Proceedings of the 12th IAEE European Energy Conference*. University of Venice: Italy.
- Machiba, T. (2010), "Eco-innovation for enabling resource efficiency and green growth: development of an analytical framework and preliminary analysis of industry and policy practices", *International Economics and Economic Policy*, Vol. 7, N° 2, pp. 357-370.
- Mansfield, E. (1961), "Technical Change and the Rate of Imitation", *Econometrica*, Vol. 29, N° 4, pp. 741-766.
- Marin, G., A. Marzucchi e R. Zoboli, R. (2015), "SMEs and barriers to Eco-innovation in the EU: exploring different firm profiles", *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 25, N° 3, pp. 671-705.
- Melnyk, S. A., R. P. Sroufe e R. Calantone (2003), "Assessing the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance", *Journal of Operations Management*, Vol. 21, N° 3, pp. 329-351.

- Metcalf, J.S. (1988), "The diffusion of innovations: an interpretative survey", In: Dosi G, Freeman C, Nelson R, Silverberg G, Soete L, editors. *Technical change and economic theory*, Printer Publishers: London and New York.
- Milborrow, S. (2016). Plot 'rpart' Models: An Enhanced Version of 'plot.rpart'. R package version 2.0.1.
- OCDE (2005), *The Measurement of Scientific and Technological Activities: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data: Oslo Manual*, Third Edition, OECD Publishing: Paris.
- OCDE (2009), *Sustainable Manufacturing and Eco-Innovation Synthesis Report Framework, Practices and Measurement*, OECD Publishing: Paris.
- OCDE (2012), *The future of eco-innovation: The role of business models in green transformation*, OECD Publishing: Paris.
- Ociepa-Kubicka, A. e P. Pachura (2017), "Eco-innovations in the functioning of companies", *Environmental Research*, Vol.156, pp. 284-290.
- Osterwalder, A., Y. Pigneur e C. L. Tucc (2005), "Clarifying business models: Origins, present, and future of the concept", *Communications of the association for Information Systems*, Vol. 16, N° 1, pp. 1.
- R Development Core Team (2016) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Racine, J. S. (2012), "RStudio: A Platform-Independent IDE for R and Sweave", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 27, N° 1, pp. 167-172.
- Pujari, D. (2006), "Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance", *Technovation*, Vol. 26, N° 1, pp. 76-85.
- Rennings, K. (2000), "Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics", *Ecological Economics*, Vol. 32, N° 2, pp. 319-332.
- Rennings, K., A. Ziegler, K. Ankele e E. Hoffmann (2006), "The influence of different characteristics of the EU environmental management and auditing scheme on technical environmental innovations and economic performance" *Ecological Economics*, Vol. 77, N° 1, pp. 45-59.

- Rennings, K. e T. Zwick (2002), "Employment Impact Of Cleaner Production On The Firm Level: Empirical Evidence From A Survey In Five European Countries", *International Journal of Innovation Management*, Vol. 6, Nº 3, pp. 319-342.
- Rixen, M. e J. Weigand (2014), "Agent-based simulation of policy induced diffusion of smart meters", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 85, pp. 153-167.
- Rogers, E.M. (2003), *Diffusion of innovations*, The Free Press: New York.
- Roland Berger Strategy Consultants (2009), *Green Business*, <http://www.think-act.com>,
 acedido em 10 Janeiro 2016.
- Schultz, R.L., e D.P. Slevin (1975), *Implementing Operations Research/Management Science*, American Elsevier: New York.
- Schumpeter, J. A. (1934), *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press.
- Smith, K. (2000), "Innovation as a systemic phenomenon: rethinking the role of policy", *Enterprise and innovation management studies*, Vol. 1, Nº 1, pp. 73-102.
- Teece, D. J. (2010), "Business models, business strategy and innovation", *Long range planning*, Vol. 43, Nº 2, pp. 172-194.
- Therneau, T., B. Atkinson, e B. Ripley (2016), rpart: Recursive Partitioning and Regression Trees, R package version 4.1-10.
- Triguero, A., L. Moreno-Mondéjar e M. A. Davia (2013), "Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs", *Ecological Economics*, Vol. 92, pp. 25-33.
- Unruh, G. C. (2000), "Understanding carbon lock-in", *Energy Policy*, Vol. 28, pp. 817-830.
- Vargas-Vargas, M. e M. Meseguer-Santamaría (2010), "Environmental Protection Expenditure for Companies: A Spanish Regional Analysis", *International Journal of Environmental Research*, Vol. 4, Nº 3, pp. 373-378.
- Wagner, M. (2007), "On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting: Evidence from German manufacturing firms", *Research Policy*, Vol. 36, Nº 10, pp. 1587-1602.
- Wagner, M. (2008), "Empirical influence of environmental management on innovation: Evidence from Europe", *Ecological Economics*, Vol. 66, Nº 2-3, pp. 392-402.

Zhang, T., S. Gensler e R. Garcia (2011), "A Study of the Diffusion of Alternative Fuel Vehicles: An Agent-Based Modeling Approach*", *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 28, N° 2, pp. 152-168.

Apêndices

Apêndice A1. Questões do Eurobarômetro nº315 relevantes para o estudo

D1. How many employees do you have in your company?

- 10-49
- 50-249

D4. What is the main activity of your company?

[READ OUT THE MAIN CATEGORIES, THAN CONTINUE WITH THE SUB CATEGORIES]

Agriculture and fishing

Agriculture, hunting and related service activities

Fishing, fish farming and related service activities

Forestry and logging

Fishing and aquaculture

Construction

Construction of buildings

Civil engineering

Specialised construction activities

Water supply; sewerage; waste management and remediation activities

Water collection, treatment and supply

Sewerage

Remediation activities and other waste management services

Waste collection, treatment and disposal activities; materials recovery

Manufacture

– Manufacture of food/ tobacco products

Manufacture of food products or beverages

Manufacture of tobacco products

Manufacture of paper and paper products

Manufacture of textiles, wearing apparel, leather and related products

Manufacture of furniture

Manufacture of coke and refined petroleum products

Manufacture of chemicals and chemical products

Manufacture of basic pharmaceutical products and
pharmaceutical preparations

Manufacture of rubber and plastic products or other non-metallic
mineral products

Manufacture of basic metals or fabricated metal products (except
machinery and equipment

– Manufacture of machinery and equipment

Manufacture of machinery and equipment

Manufacture of transport equipment

Manufacture of electrical equipment

Manufacture of computer, electronic and optical products

Printing and reproduction of recorded media

Food services

Restaurants and mobile food service activities

Event catering and other food services

Beverage serving activities

Q5. Have you implemented any changes to reduce material costs in the past 5 years?

- a. Changing business model
- b. Improving the material flow in the supply chain
- c. Substituting expensive materials for a cheaper ones
- d. Purchasing more efficient technologies
- e. Developing more efficient technologies in-house
- f. Outsourcing production or service activities
- g. Recycling

Q6. Over the last 5 years, what share of innovation investments in your company were related to eco-innovation, i.e. implementing new or substantially improved solutions resulting in more efficient use in material, energy and water?

- More than 50%
- Between 30% and 49%
- Between 10% and 29%

- Less than 10%
- None
- [No innovative activities]
- [DK/NA]

D5. During the past 24 months have you introduced the following eco-innovation

- a. a new or significantly improved eco-innovative product or service to the market
- b. a new or significantly improved eco-innovative production process or method
- c. a new or significantly improved eco-innovative organisational innovation

Q8. I will list you some drivers that could accelerate eco-innovation uptake and development for a company. Please tell me for each of them if you consider them a very important, somewhat important, not important or not at all important driver in case of your company?

- Very important
- Somewhat important
- Not important
- Not at all important
- [Not applicable]
- [DK/NA]
- a. Technological capabilities within the enterprise
- b. Secure or increase existing market share
- c. Current high material prices (as an incentive to innovate, to use less material and decrease the cost)
- d. Limited access to materials
- e. Expected future material scarcity (as an incentive to develop innovative, less material-intensive substitutes)
- f. Collaboration with research institutes, agencies and universities
- g. Good access to external information and knowledge, including technology support services
- h. Good business partners
- i. Current high energy prices (as an incentive to innovative, to use less energy and decrease the cost)

- j. Expected future increases in energy prices
- l. Existing regulations, including standards
- m. Expected future regulations imposing new standards
- n. Access to existing subsidies and fiscal incentives
- o. Increasing market demand for green products

Fonte: *Flash Eurobarometer Survey n° 315 (Eurobarometer Survey, 2011)*

Apêndice A2. Código R para a limpeza e tratamento da base de dados

```
## Install packages
# install.packages("Hmisc") # Import Database from SPSS to R (Hmisc library)

# Clear RStudio environment and console
rm(list=ls())
cat("\014")

# Set working directory
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")

# Import database from SPSS to R
library(Hmisc)
mydata <- spss.get("../Eurobarometer SPSS/ecoi.por", use.value.labels=TRUE)
# str(mydata)

##### Remove variables without interest
myvars <- names(mydata) %in% c("ZANR", "VERSION", "CASEID", "IW.CODE",
"TW.LANG", "YEAR", "MONTH", "DAY", "HOUR", "MINUTE", "LENTIM",
"ALLCALLS", "W4", "W5.EU27", "W5.EU25", "W5.EU15", "W5.NMS10",
"W5.NMS12", "W5.EU6", "W5.EU9", "W5.EU10", "W5.EU12", "W5.NMS3",
"W5.EUROZ")
mydb <- mydata[!myvars]
rm(myvars)

##### Dealing with Missing Values (NAs)
# table(mydb$Q5.A)
# table(mydb$Q5.A, useNA = 'ifany')
for(i in 1:59){
  levels(mydb[,i])[levels(mydb[,i])%in%c("DK/NA", "Inap. (not 1 in D5)", "Not
applicable")] <- NA
}
rm(i)
# table(mydb$Q5.A)
# table(mydb$Q5.A, useNA = 'ifany')
# table(mydb$COUNTRY, useNA = 'ifany')
# table(mydata$COUNTID, useNA = 'ifany')

##### NAs Visualization
NAat <- data.frame(sapply(mydb, function(x) sum(is.na(x)))) # Count NA's per
VAR
NAat = cbind(rownames(NAat), data.frame(label(mydb)), NAat) # Add var name
and description
rownames(NAat) <- NULL # Delete rownames
NAat = cbind(NAat, round(NAat[,3]/5222*100, digits=2)) # Calculate NAs %
```

```
colnames(NAt) <- c("Vars", "Label", "NA's number", "% NA's")
write.csv(NAt, file = "NA_total.csv", row.names=F) # Save as csv
```

```
##### Convert unordered factors to ordered factors
cols <- c(3,4,11:13,32:59)
mydb[cols] <- lapply(mydb[cols], factor, ordered=T)
```

```
## D3 (col 5)
mydb$D3 <- factor(mydb$D3, levels = c("Decreased", "Remained unchanged",
"Increased"), ordered=T)
#str(mydb$D3)
```

```
## Q3 (col 14)
mydb$Q3 <- factor(mydb$Q3, levels = c("No, material costs will decrease", "No,
material costs will remain approximately the same", "Yes, material costs will increase"),
ordered=T)
#str(mydb$Q3)
```

```
## Q6 (col 31)
mydb$Q6 <- factor(mydb$Q6, levels = c("No innovative activities", "None", "Less
than 10%", "Between 10% and 29%", "Between 30% and 49%", "More than 50%"),
ordered=T)
#str(mydb$Q6)
```

```
## New classification of economic activities (D4A) according to NACE Rev 2
classification
```

```
#table(mydb$D4)
#table(mydb$D4A)
#levels(mydb$D4)
#levels(mydb$D4A)
```

```
levels(mydb$D4A)[levels(mydb$D4A) == "Agriculture, hunting and related service
activities"
| levels(mydb$D4A) == "Fishing, fish farming and related service activities"
| levels(mydb$D4A) == "Forestry and logging"
| levels(mydb$D4A) == "Fishing and aquaculture"] <- "Agriculture"
```

```
levels(mydb$D4A)[levels(mydb$D4A) == "Construction of buildings"
| levels(mydb$D4A) == "Civil engineering"
| levels(mydb$D4A) == "Specialised construction activities"] <-
"Construction"
```

```
levels(mydb$D4A)[levels(mydb$D4A) == "Water collection, treatment and supply"
| levels(mydb$D4A) == "Sewerage"
| levels(mydb$D4A) == "Remediation activities and other waste management
```



```
services"
| levels(mydb$D4A) == "Waste collection, treatment and disposal activities;
materials recovery"] <- "Water supply"
```

```
levels(mydb$D4A)[levels(mydb$D4A) == "Restaurants and mobile food service
activities"
| levels(mydb$D4A) == "Event catering and other food services"
| levels(mydb$D4A) == "Beverage serving activities"] <- "Food services"
```

```
levels(mydb$D4A)[levels(mydb$D4A) == "Manufacture of food products or
beverages"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of tobacco products"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of paper and paper products"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of textiles, wearing apparel, leather
and related products"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of furniture"
| levels(mydb$D4A) == "Printing and reproduction of recorded media"] <-
"Low-technology manufacturing"
```

```
levels(mydb$D4A)[levels(mydb$D4A) == "Manufacture of coke and refined petroleum
products"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of rubber and plastic products or other
non-metallic mineral products"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of basic metals or fabricated metal
products (except machinery and equipment)"] <- "Medium-low technology
manufacturing"
```

```
levels(mydb$D4A)[levels(mydb$D4A) == "Manufacture of chemicals and chemical
products"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of machinery and equipment"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of transport equipment"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of electrical equipment"] <- "Medium-
high technology manufacturing"
```

```
levels(mydb$D4A)[levels(mydb$D4A) == "Manufacture of basic pharmaceutical
products and pharmaceutical preparations"
| levels(mydb$D4A) == "Manufacture of computer, electronic and optical
products"] <- "High-technology manufacturing"
```

```
##### Sector (Reference) -> "Water supply"
mydb$D4A <- factor(mydb$D4A, levels = c("Water supply", "Agriculture",
"Construction", "Low-technology manufacturing", "Medium-low technology
manufacturing", "Medium-high technology manufacturing", "High-technology
manufacturing", "Food services", "Other"))
```

```
##### Country (Reference) -> Portugal
#levels(mydb$COUNTRY)
mydb$COUNTRY <- factor(mydb$COUNTRY, levels = c("Portugal", "France",
```

```
"Belgium", "The Netherlands", "Germany", "Italy", "Luxembourg", "Denmark",
"Ireland", "United Kingdom", "Greece", "Spain", "Finland", "Sweden", "Austria",
"Cyprus (Republic)", "Czech Republic", "Estonia", "Hungary", "Latvia", "Lithuania",
"Malta", "Poland", "Slovakia", "Slovenia", "Bulgaria", "Romania"))
```

```
#table(mydb$COUNTID)
```

```
mydb$COUNTID <- factor(mydb$COUNTID, levels = c(" PT ", " BE ", " CZ ", " DK
", " DE ", " EE ", " EL ", " ES ", " FR ", " IE ", " IT ", " CY ", " LV ", " LT ", " LU ", "
HU ", " MT ", " NL ", " AT ", " PL ", " SI ", " SK ", " FI ", " SE ", " UK ", "BG",
"RO"))
```

```
## Drop unused levels
```

```
mydb <- droplevels(mydb)
```

```
##### SAVE as RDS and CSV #####
```

```
#####
```

```
saveRDS(mydb, file = "dbprep_modelo2.rds") ## RDS
```

```
write.csv(mydb, file = "dbprep_modelo2.csv", row.names=F) ## CSV
```

Apêndice A3. Código R para a regressão logística do investimento em eco-inovação (Q6)

```
# Install packages
```

```
# Clear RStudio environment and console
```

```
rm(list=ls())
```

```
cat("\\014")
```

```
# Set working directory
```

```
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")
```

```
# setwd("C:/Users/Pacheco/Google Drive/Aulas/Dissertação Miguel Vaz/R/")
```

```
# setwd("C:/Users/miguelvaz/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")
```

```
# Loading Data
```

```
ecoi9 <- readRDS("dbprep_modelo2.rds")
```

```
# Remove NAs from variables of interest ## To guarantee the same number of observations in the different models (logit and CART)
```

```
ecoi9 <- ecoi9[!is.na(ecoi9$D1) & !is.na(ecoi9$D4A) & !is.na(ecoi9$Q8.A) &  
!is.na(ecoi9$Q8.B) & !is.na(ecoi9$Q8.C) & !is.na(ecoi9$Q8.D) & !is.na(ecoi9$Q8.E)  
& !is.na(ecoi9$Q8.F) & !is.na(ecoi9$Q8.G) & !is.na(ecoi9$Q8.H) &  
!is.na(ecoi9$Q8.I) & !is.na(ecoi9$Q8.J) & !is.na(ecoi9$Q8.L) & !is.na(ecoi9$Q8.M)  
& !is.na(ecoi9$Q8.N) & !is.na(ecoi9$Q8.O) & !is.na(ecoi9$D5.A) &  
!is.na(ecoi9$D5.B) & !is.na(ecoi9$D5.C) & !is.na(ecoi9$Q6), ]
```

```
##### Convert var Q6 (investment in eco-innovation) to binomial -> Q6_bin
```

```
##levels(ecoi9$Q6)
```

```
ecoi9$Q6_bin <- ecoi9$Q6
```

```
levels(ecoi9$Q6_bin)[levels(ecoi9$Q6_bin) == "More than 50%" |
```

```
levels(ecoi9$Q6_bin) == "Between 30% and 49%" | levels(ecoi9$Q6_bin) == "Between  
10% and 29%" | levels(ecoi9$Q6_bin) == "Less than 10%"] <- "Eco-investment"
```

```
levels(ecoi9$Q6_bin)[levels(ecoi9$Q6_bin) == "None" | levels(ecoi9$Q6_bin) == "No  
innovative activities"] <- "No eco-investment"
```

```
table(ecoi9$Q6_bin) # Table outcome
```

```
# Change levels of Q8 Drivers
```

```
for(i in 46:59){
```

```
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not important", "Not at all important")] <-  
  "Not important"
```

```
}
```

```
# Setting dependent and independent variables
```

```
dep_var <- "Q6_bin"
```

```
indep_vars <- colnames(ecoi9[c(2,3,7,46:59)])
```

```

# Setting contrasts (to handle categorical variables)
options(contrasts = rep ("contr.treatment", 2))

# VARs D5 Adoption (Reference) -> "No"
cols <- c(8:10)
ecoi9[cols] <- lapply(ecoi9[cols], factor, levels = c("No", "Yes"))
#table(ecoi9$D5.C)

# VARs Q5 Implementation (Reference) -> "Not mentioned"
cols <- c(24:30)
ecoi9[cols] <- lapply(ecoi9[cols], factor, levels = c("Not mentioned", "Mentioned"))
#table(ecoi9$Q5.D)

##### Logistic Regression Model
(fmla <- as.formula(paste(dep_var, "~", paste(indep_vars, collapse= "+")))) ## Short
formula call
GLM_ecoi9 <- glm(fmla, data=ecoi9, family = binomial)
summary(GLM_ecoi9)
# Compute pseudo R^2 (McFadden)
pR2 <- 1-(GLM_ecoi9$deviance/GLM_ecoi9$null.deviance)
pR2

```

Apêndice A4. Código R para a árvore de classificação (CART) do investimento em eco-inovação (Q6)

```
## Install packages
# install.packages("rpart")
# install.packages("rpart.plot")
## Load rpart and rpart.plot libraries
library(rpart)
library(rpart.plot)

# Clear RStudio environment and console
rm(list=ls())
cat("\014")

# Set working directory
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")

# Loading Data
ecoi9 <- readRDS("dbprep_modelo2.rds")

# Remove NAs from variables of interest ## To guarantee the same number of
# observations in the different models (logit and CART)
ecoi9 <- ecoi9[!is.na(ecoi9$D1) & !is.na(ecoi9$D4A) & !is.na(ecoi9$Q8.A) &
!is.na(ecoi9$Q8.B) & !is.na(ecoi9$Q8.C) & !is.na(ecoi9$Q8.D) & !is.na(ecoi9$Q8.E)
& !is.na(ecoi9$Q8.F) & !is.na(ecoi9$Q8.G) & !is.na(ecoi9$Q8.H) &
!is.na(ecoi9$Q8.I) & !is.na(ecoi9$Q8.J) & !is.na(ecoi9$Q8.L) & !is.na(ecoi9$Q8.M)
& !is.na(ecoi9$Q8.N) & !is.na(ecoi9$Q8.O) & !is.na(ecoi9$D5.A) &
!is.na(ecoi9$D5.B) & !is.na(ecoi9$D5.C) & !is.na(ecoi9$Q6), ]

##### Convert var Q6 (investment in eco-innovation) to binomial -> Q6_bin
##levels(ecoi9$Q6)
ecoi9$Q6_bin <- ecoi9$Q6
levels(ecoi9$Q6_bin)[levels(ecoi9$Q6_bin) == "More than 50%" |
levels(ecoi9$Q6_bin) == "Between 30% and 49%" | levels(ecoi9$Q6_bin) == "Between
10% and 29%" | levels(ecoi9$Q6_bin) == "Less than 10%"] <- "Investe"
levels(ecoi9$Q6_bin)[levels(ecoi9$Q6_bin) == "None" | levels(ecoi9$Q6_bin) == "No
innovative activities"] <- "Não investe"

table(ecoi9$Q6_bin) # Table outcome

# Change levels of Q8 (drivers)
for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not important", "Not at all important")] <-
"Nao importante"
}
```

```

# change Var and factor names to Portuguese
colnames(ecoi9)[colnames(ecoi9)=="COUNTID"] <- "País"

for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Somewhat important")] <- "Moderadamente importante"
}

for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Very important")] <- "Muito importante"
}

## Reference -> "Investe", to facilitate reading of the results
cols <- c(60)
eco9[cols] <- lapply(eco9[cols], factor, levels = c("Investe", "Não investe"))

# Setting dependent and independent variables
dep_var <- "Q6_bin"
indep_vars <- colnames(ecoi9[c(1,3,7,46:59)])

##### CART model #####
(fmla <- as.formula(paste(dep_var, "~", paste(indep_vars, collapse= "+")))) ## Short formula call
set.seed(133)
CART2 = rpart(fmla, data=eco9, method="class",
control=rpart.control(minsplit=100, cp=0.001))
prp(CART2, varlen=0)
printcp(CART2) # visualize cross-validation results
minCP = CART2$cp.table[which.min(CART2$cp.table[, "xerror"]), "CP"] # tree size that minimizes the cross-validated error: xerror column in printcp()
CART2 = prune(CART2, cp=0.0019194) # Prune tree to the desired size
prp(CART2, varlen=0)
# Total count at each node
tot_count <- function(x, labs, digits, varlen)
{
  paste(labs, "\n\n = ", x$frame$n)
}
prp(CART2, varlen=0, node.fun=tot_count)

```

Apêndice A5. Código R para a regressão logística da adoção de eco-inovação de produto (D5.A)

```
# Install packages
```

```
# Clear RStudio environment and console
```

```
rm(list=ls())
```

```
cat("\\014")
```

```
# Set working directory
```

```
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")
```

```
# Loading Data
```

```
ecoi9 <- readRDS("dbprep_modelo2.rds")
```

```
# Remove NAs from variables of interest ## To guarantee the same number of observations in the different models (logit and CART)
```

```
ecoi9 <- ecoi9[!is.na(ecoi9$D1) & !is.na(ecoi9$D4A) & !is.na(ecoi9$Q8.A) &  
!is.na(ecoi9$Q8.B) & !is.na(ecoi9$Q8.C) & !is.na(ecoi9$Q8.D) & !is.na(ecoi9$Q8.E)  
& !is.na(ecoi9$Q8.F) & !is.na(ecoi9$Q8.G) & !is.na(ecoi9$Q8.H) &  
!is.na(ecoi9$Q8.I) & !is.na(ecoi9$Q8.J) & !is.na(ecoi9$Q8.L) & !is.na(ecoi9$Q8.M)  
& !is.na(ecoi9$Q8.N) & !is.na(ecoi9$Q8.O) & !is.na(ecoi9$Q5.A) &  
!is.na(ecoi9$Q5.B) & !is.na(ecoi9$Q5.C) & !is.na(ecoi9$Q5.D) & !is.na(ecoi9$Q5.E)  
& !is.na(ecoi9$Q5.F) & !is.na(ecoi9$Q5.G) & !is.na(ecoi9$D5.A) &  
!is.na(ecoi9$D5.B) & !is.na(ecoi9$D5.C) & !is.na(ecoi9$Q6), ]
```

```
#table(ecoi9$D5.A) # Table outcome
```

```
# Change levels of Q8 Drivers
```

```
for(i in 46:59){  
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not important", "Not at all important")] <-  
  "Not important"  
}
```

```
# Setting dependent and independent variables
```

```
dep_var <- "D5.A"
```

```
indep_vars <- colnames(ecoi9[c(2,3,7,24:30,46:59)])
```

```
# Setting contrasts (to handle categorical variables)
```

```
options(contrasts = rep ("contr.treatment", 2))
```

```
# VARs D5 Adoption (Reference) -> "No"
```

```
cols <- c(8:10)
```

```
ecoi9[cols] <- lapply(ecoi9[cols], factor, levels = c("No", "Yes"))
```

```
#table(ecoi9$D5.C)
```

```

# VARs Q5 Implementation (Reference) -> "Not mentioned"
cols <- c(24:30)
ecoi9[cols] <- lapply(ecoi9[cols], factor, levels = c("Not mentioned", "Mentioned"))
#table(ecoi9$Q5.D)

##### Logistic Regression Model #####
(fmla <- as.formula(paste(dep_var, "~", paste(indep_vars, collapse= "+")))) ## Short
formula call
GLM_ecoi9 <- glm(fmla, data=ecoi9, family = binomial)
summary(GLM_ecoi9)
# Compute pseudo R^2 (McFadden)
pR2 <- 1-(GLM_ecoi9$deviance/GLM_ecoi9$null.deviance)
pR2

```


Apêndice A6. Código R para a árvore de classificação (CART) da adoção de eco-inovação de produto (D5.A)

```
## Install packages
# install.packages("rpart")
# install.packages("rpart.plot")
## Load rpart and rpart.plot libraries
library(rpart)
library(rpart.plot)

# Clear RStudio environment and console
rm(list=ls())
cat("\014")

# Set working directory
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")
# setwd("C:/Users/Pacheco/Google Drive/Aulas/Dissertação Miguel Vaz/R/")
# setwd("C:/Users/migueltvaz/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")

# Loading Data
ecoi9 <- readRDS("dbprep_modelo2.rds")

# Remove NAs from variables of interest ## To guarantee the same number of
# observations in the different models (logit and CART)
ecoi9 <- ecoi9[!is.na(ecoi9$D1) & !is.na(ecoi9$D4A) & !is.na(ecoi9$Q8.A) &
!is.na(ecoi9$Q8.B) & !is.na(ecoi9$Q8.C) & !is.na(ecoi9$Q8.D) & !is.na(ecoi9$Q8.E)
& !is.na(ecoi9$Q8.F) & !is.na(ecoi9$Q8.G) & !is.na(ecoi9$Q8.H) &
!is.na(ecoi9$Q8.I) & !is.na(ecoi9$Q8.J) & !is.na(ecoi9$Q8.L) & !is.na(ecoi9$Q8.M)
& !is.na(ecoi9$Q8.N) & !is.na(ecoi9$Q8.O) & !is.na(ecoi9$Q5.A) &
!is.na(ecoi9$Q5.B) & !is.na(ecoi9$Q5.C) & !is.na(ecoi9$Q5.D) & !is.na(ecoi9$Q5.E)
& !is.na(ecoi9$Q5.F) & !is.na(ecoi9$Q5.G) & !is.na(ecoi9$D5.A) &
!is.na(ecoi9$D5.B) & !is.na(ecoi9$D5.C) & !is.na(ecoi9$Q6), ]

#table(ecoi9$D5.A) # Table outcome

# Change levels of Q8 Drivers
for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not important", "Not at all important")] <-
"Nao importante"
}

# change Var and factor names to Portuguese
colnames(ecoi9)[colnames(ecoi9)=="COUNTID"] <- "País"

levels(ecoi9$D5.A)[levels(ecoi9$D5.A) == "Yes"] <- "Adota"
```

```

levels(ecoi9$D5.A)[levels(ecoi9$D5.A) == "No"] <- "Não adota"

for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Somewhat important")] <- "Moderadamente importante"
}

for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Very important")] <- "Muito importante"
}

for(i in 24:30){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Mentioned")] <- "Sim"
}

for(i in 24:30){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not mentioned")] <- "Não"
}

# Setting dependent and independent variables
dep_var <- "D5.A"
indep_vars <- colnames(ecoi9[c(1,3,7,24:30,46:59)])

##### CART model #####
(fmla <- as.formula(paste(dep_var,"~", paste(indep_vars, collapse= "+")))) ## Short formula call
set.seed(133)
CART2 = rpart(fmla, data=ecoi9, method="class", control=rpart.control(minsplit=50, cp=0.001))
prp(CART2, varlen=0)
printcp(CART2) # visualize cross-validation results
minCP = CART2$cpstable[which.min(CART2$cpstable[, "xerror"]), "CP"] # tree size that minimizes the cross-validated error: xerror column in printcp()
CART2 = prune(CART2, cp=0.0079023) # Prune tree to the desired size
prp(CART2, varlen=0)
# total count at each node
tot_count <- function(x, labs, digits, varlen)
{
  paste(labs, "\n\n = ", x$frame$n)
}
prp(CART2, varlen=0, node.fun=tot_count)

```

Apêndice A7. Código R para a regressão logística da adoção de eco-inovação de processo (D5.B)

```
# Install packages
```

```
# Clear RStudio environment and console
```

```
rm(list=ls())
```

```
cat("014")
```

```
# Set working directory
```

```
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")
```

```
# Loading Data
```

```
ecoi9 <- readRDS("dbprep_modelo2.rds")
```

```
# Remove NAs from variables of interest ## To guarantee the same number of observations in the different models (logit and CART)
```

```
ecoi9 <- ecoi9[!is.na(ecoi9$D1) & !is.na(ecoi9$D4A) & !is.na(ecoi9$Q8.A) &  
!is.na(ecoi9$Q8.B) & !is.na(ecoi9$Q8.C) & !is.na(ecoi9$Q8.D) & !is.na(ecoi9$Q8.E)  
& !is.na(ecoi9$Q8.F) & !is.na(ecoi9$Q8.G) & !is.na(ecoi9$Q8.H) &  
!is.na(ecoi9$Q8.I) & !is.na(ecoi9$Q8.J) & !is.na(ecoi9$Q8.L) & !is.na(ecoi9$Q8.M)  
& !is.na(ecoi9$Q8.N) & !is.na(ecoi9$Q8.O) & !is.na(ecoi9$Q5.A) &  
!is.na(ecoi9$Q5.B) & !is.na(ecoi9$Q5.C) & !is.na(ecoi9$Q5.D) & !is.na(ecoi9$Q5.E)  
& !is.na(ecoi9$Q5.F) & !is.na(ecoi9$Q5.G) & !is.na(ecoi9$D5.A) &  
!is.na(ecoi9$D5.B) & !is.na(ecoi9$D5.C) & !is.na(ecoi9$Q6), ]
```

```
#table(ecoi9$D5.B) # Table outcome
```

```
# Change levels of Q8 Drivers
```

```
for(i in 46:59){  
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not important", "Not at all important")] <-  
  "Not important"  
}
```

```
# Setting dependent and independent variables
```

```
dep_var <- "D5.B"
```

```
indep_vars <- colnames(ecoi9[c(2,3,7,24:30,46:59)])
```

```
# Setting contrasts (to handle categorical variables)
```

```
options(contrasts = rep ("contr.treatment", 2))
```

```
# VARs D5 Adoption (Reference) -> "No"
```

```
cols <- c(8:10)
```

```
ecoi9[cols] <- lapply(ecoi9[cols], factor, levels = c("No", "Yes"))
```

```
#table(ecoi9$D5.C)
```

```

# VARs Q5 Implementation (Reference) -> "Not mentioned"
cols <- c(24:30)
ecoi9[cols] <- lapply(ecoi9[cols], factor, levels = c("Not mentioned", "Mentioned"))
#table(ecoi9$Q5.D)

##### Logistic Regression Model #####
(fmla <- as.formula(paste(dep_var, "~", paste(indep_vars, collapse= "+")))) ## Short
formula call
GLM_ecoi9 <- glm(fmla, data=ecoi9, family = binomial)
summary(GLM_ecoi9)
# Compute pseudo R^2 (McFadden)
pR2 <- 1-(GLM_ecoi9$deviance/GLM_ecoi9$null.deviance)
pR2

```

Apêndice A8. Código R para a árvore de classificação (CART) da adoção de eco-inovação de processo (D5.B)

```
## Install packages
# install.packages("rpart")
# install.packages("rpart.plot")
## Load rpart and rpart.plot libraries
library(rpart)
library(rpart.plot)

# Clear RStudio environment and console
rm(list=ls())
cat("\014")

# Set working directory
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")

# Loading Data
ecoi9 <- readRDS("dbprep_modelo2.rds")

# Remove NAs from variables of interest ## To guarantee the same number of
# observations in the different models (logit and CART)
ecoi9 <- ecoi9[!is.na(ecoi9$D1) & !is.na(ecoi9$D4A) & !is.na(ecoi9$Q8.A) &
!is.na(ecoi9$Q8.B) & !is.na(ecoi9$Q8.C) & !is.na(ecoi9$Q8.D) & !is.na(ecoi9$Q8.E)
& !is.na(ecoi9$Q8.F) & !is.na(ecoi9$Q8.G) & !is.na(ecoi9$Q8.H) &
!is.na(ecoi9$Q8.I) & !is.na(ecoi9$Q8.J) & !is.na(ecoi9$Q8.L) & !is.na(ecoi9$Q8.M)
& !is.na(ecoi9$Q8.N) & !is.na(ecoi9$Q8.O) & !is.na(ecoi9$Q5.A) &
!is.na(ecoi9$Q5.B) & !is.na(ecoi9$Q5.C) & !is.na(ecoi9$Q5.D) & !is.na(ecoi9$Q5.E)
& !is.na(ecoi9$Q5.F) & !is.na(ecoi9$Q5.G) & !is.na(ecoi9$D5.A) &
!is.na(ecoi9$D5.B) & !is.na(ecoi9$D5.C) & !is.na(ecoi9$Q6), ]

#table(ecoi9$D5.B) # Table outcome

# Change levels of Q8 Drivers
for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not important", "Not at all important")] <-
"Nao importante"
}

# change Var and factor names to Portuguese
colnames(ecoi9)[colnames(ecoi9)=="COUNTID"] <- "País"

levels(ecoi9$D5.B)[levels(ecoi9$D5.B) == "Yes"] <- "Adota"

levels(ecoi9$D5.B)[levels(ecoi9$D5.B) == "No"] <- "Não adota"
```

```
for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Somewhat important")] <- "Moderadamente importante"
}
```

```
for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Very important")] <- "Muito importante"
}
```

```
for(i in 24:30){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Mentioned")] <- "Sim"
}
```

```
for(i in 24:30){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not mentioned")] <- "Não"
}
```

Setting dependent and independent variables

```
dep_var <- "D5.B"
```

```
indep_vars <- colnames(ecoi9[c(1,3,7,24:30,46:59)])
```

```
##### CART model #####
(fmla <- as.formula(paste(dep_var,"~", paste(indep_vars, collapse= "+")))) ## Short formula call
set.seed(133)
CART2 = rpart(fmla, data=ecoi9, method="class", control=rpart.control(minsplit=50, cp=0.001))
prp(CART2, varlen=0)
printcp(CART2) # visualize cross-validation results
minCP = CART2$sptable[which.min(CART2$sptable[, "xerror"]), "CP"] # tree size that minimizes the cross-validated error: xerror column in printcp()
CART2 = prune(CART2, cp=0.0089606) # Prune tree to the desired size
prp(CART2, varlen=0)
# total count at each node
tot_count <- function(x, labs, digits, varlen)
{
  paste(labs, "\n\n = ", x$frame$n)
}
prp(CART2, varlen=0, node.fun=tot_count)
```

Apêndice A9. Código R para a regressão logística da adoção de eco-inovação organizacional (D5.C)

```
# Install packages
```

```
# Clear RStudio environment and console
```

```
rm(list=ls())
```

```
cat("014")
```

```
# Set working directory
```

```
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")
```

```
# Loading Data
```

```
ecoi9 <- readRDS("dbprep_modelo2.rds")
```

```
# Remove NAs from variables of interest ## To guarantee the same number of observations in the different models (logit and CART)
```

```
ecoi9 <- ecoi9[!is.na(ecoi9$D1) & !is.na(ecoi9$D4A) & !is.na(ecoi9$Q8.A) &  
!is.na(ecoi9$Q8.B) & !is.na(ecoi9$Q8.C) & !is.na(ecoi9$Q8.D) & !is.na(ecoi9$Q8.E)  
& !is.na(ecoi9$Q8.F) & !is.na(ecoi9$Q8.G) & !is.na(ecoi9$Q8.H) &  
!is.na(ecoi9$Q8.I) & !is.na(ecoi9$Q8.J) & !is.na(ecoi9$Q8.L) & !is.na(ecoi9$Q8.M)  
& !is.na(ecoi9$Q8.N) & !is.na(ecoi9$Q8.O) & !is.na(ecoi9$Q5.A) &  
!is.na(ecoi9$Q5.B) & !is.na(ecoi9$Q5.C) & !is.na(ecoi9$Q5.D) & !is.na(ecoi9$Q5.E)  
& !is.na(ecoi9$Q5.F) & !is.na(ecoi9$Q5.G) & !is.na(ecoi9$D5.A) &  
!is.na(ecoi9$D5.B) & !is.na(ecoi9$D5.C) & !is.na(ecoi9$Q6), ]
```

```
#table(ecoi9$D5.C) # Table outcome
```

```
# Change levels of Q8 Drivers
```

```
for(i in 46:59){  
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not important", "Not at all important")] <-  
  "Not important"  
}
```

```
# Setting dependent and independent variables
```

```
dep_var <- "D5.C"
```

```
indep_vars <- colnames(ecoi9[c(2,3,7,24:30,46:59)])
```

```
# Setting contrasts (to handle categorical variables)
```

```
options(contrasts = rep ("contr.treatment", 2))
```

```
# VARs D5 Adoption (Reference) -> "No"
```

```
cols <- c(8:10)
```

```
ecoi9[cols] <- lapply(ecoi9[cols], factor, levels = c("No", "Yes"))
```

```
#table(ecoi9$D5.C)
```

```

# VARs Q5 Implementation (Reference) -> "Not mentioned"
cols <- c(24:30)
ecoi9[cols] <- lapply(ecoi9[cols], factor, levels = c("Not mentioned", "Mentioned"))
#table(ecoi9$Q5.D)

##### Logistic Regression Model #####
(fmla <- as.formula(paste(dep_var, "~", paste(indep_vars, collapse= "+")))) ## Short
formula call
GLM_ecoi9 <- glm(fmla, data=ecoi9, family = binomial)
summary(GLM_ecoi9)
# Compute pseudo R^2 (McFadden)
pR2 <- 1-(GLM_ecoi9$deviance/GLM_ecoi9>null.deviance)
pR2

```


Apêndice A10. Código R para a árvore de classificação (CART) da adoção de eco-inovação organizacional (D5.C)

```
## Install packages
# install.packages("rpart")
# install.packages("rpart.plot")
## Load rpart and rpart.plot libraries
library(rpart)
library(rpart.plot)

# Clear RStudio environment and console
rm(list=ls())
cat("\014")

# Set working directory
setwd("C:/Users/Miguel/Google Drive/Dissertação Miguel Vaz/R/")

# Loading Data
ecoi9 <- readRDS("dbprep_modelo2.rds")

# Remove NAs from variables of interest ## To guarantee the same number of
# observations in the different models (logit and CART)
ecoi9 <- ecoi9[!is.na(ecoi9$D1) & !is.na(ecoi9$D4A) & !is.na(ecoi9$Q8.A) &
!is.na(ecoi9$Q8.B) & !is.na(ecoi9$Q8.C) & !is.na(ecoi9$Q8.D) & !is.na(ecoi9$Q8.E)
& !is.na(ecoi9$Q8.F) & !is.na(ecoi9$Q8.G) & !is.na(ecoi9$Q8.H) &
!is.na(ecoi9$Q8.I) & !is.na(ecoi9$Q8.J) & !is.na(ecoi9$Q8.L) & !is.na(ecoi9$Q8.M)
& !is.na(ecoi9$Q8.N) & !is.na(ecoi9$Q8.O) & !is.na(ecoi9$Q5.A) &
!is.na(ecoi9$Q5.B) & !is.na(ecoi9$Q5.C) & !is.na(ecoi9$Q5.D) & !is.na(ecoi9$Q5.E)
& !is.na(ecoi9$Q5.F) & !is.na(ecoi9$Q5.G) & !is.na(ecoi9$D5.A) &
!is.na(ecoi9$D5.B) & !is.na(ecoi9$D5.C) & !is.na(ecoi9$Q6), ]

#table(ecoi9$D5.C) # Table outcome

# Change levels of Q8 Drivers
for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not important", "Not at all important")] <-
"Nao importante"
}

# change Var and factor names to Portuguese
colnames(ecoi9)[colnames(ecoi9)=="COUNTID"] <- "País"

levels(ecoi9$D5.C)[levels(ecoi9$D5.B) == "Yes"] <- "Adota"

levels(ecoi9$D5.C)[levels(ecoi9$D5.B) == "No"] <- "Não adota"
```

```
for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Somewhat important")] <- "Moderadamente importante"
}
```

```
for(i in 46:59){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Very important")] <- "Muito importante"
}
```

```
for(i in 24:30){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Mentioned")] <- "Sim"
}
```

```
for(i in 24:30){
  levels(ecoi9[,i])[levels(ecoi9[,i])%in%c("Not mentioned")] <- "Não"
}
```

Setting dependent and independent variables

```
dep_var <- "D5.C"
```

```
indep_vars <- colnames(ecoi9[c(1,3,7,24:30,46:59)])
```

```
##### CART model #####
(fmla <- as.formula(paste(dep_var,"~", paste(indep_vars, collapse= "+")))) ## Short formula call
set.seed(133)
CART2 = rpart(fmla, data=ecoi9, method="class",
control=rpart.control(minsplit=350, cp=0.001))
prp(CART2, varlen=0)
printcp(CART2) # visualize cross-validation results
minCP = CART2$sptable[which.min(CART2$sptable[, "xerror"]), "CP"] # tree size that minimizes the cross-validated error: xerror column in printcp()
#printcp(CP)
#CART2 = prune(CART2, cp=minCP) # Prune tree to the desired size
#prp(CART2, varlen=0)
# total count at each node
tot_count <- function(x, labs, digits, varlen)
{
  paste(labs, "\n\n = ", x$frame$n)
}
prp(CART2, varlen=0, node.fun=tot_count)
```